



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta stavební
Katedra speciální geodézie**

**Testování parametrů geodetického příslušenství pro délkovou základnu
Koštice**

Testing parameters of geodetic equipment for distance baseline
Koštice

Diplomová práce

Studijní program:	Geodézie a kartografie
Studijní obor:	Geodézie a kartografie
Vedoucí práce:	Ing. Jaroslav Braun, Ph.D.

**Bc. Marek Talovic
Praha, 2018**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Talovic Jméno: Marek Osobní číslo: 424017
Zadávací katedra: Katedra speciální geodézie
Studijní program: Geodézie a kartografie
Studijní obor: Geodézie a kartografie

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Testování parametrů geodetického příslušenství pro délkovou základnu Košnice

Název diplomové práce anglicky: Testing parameters of geodetic equipment for distance baseline Košnice

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte experiment pro určení excentricit a opakovatelnosti upnutí a urovnání geodetických pomůcek - trojnožek, trnů a hranolů. Proveďte testování vybraných trojnožek a hranolových souprav a analyzujte výsledky.

Seznam doporučené literatury:

[1] Hampacher, M. - Štroner, M.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii, 2. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, ČVUT v Praze, 2015. 336 s. ISBN 978-80-01-05843-5.

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Jaroslav Braun, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 22.2.2018

Termín odevzdání diplomové práce: 20.5.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

22.2.2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vyhotovil samostatně, pod odborným vedením Ing. Jaroslava Brauna, Ph.D., veškerá použitá literatura i další informační zdroje jsou v práci řádně citovány a jsou uvedeny v seznamu zdrojů na konci práce.

V Praze, dne 20. 5. 2018

.....

Podpis

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval Ing. Jaroslavu Braunovi, Ph.D., pod jehož vedením vznikla tato diplomová práce za cenné rady, trpělivost i ochotu při častých konzultacích. Dále bych rád poděkoval Ing. Filipu Dvořáčkovi, Ph.D. za umožnění měření v laboratoři VÚGTK a rady při sběru dat.

Abstrakt

Cílem diplomové práce je navržení experimentů pro určení excentricit a přesnosti opakovatelnosti upnutí a urovnání geodetických pomůcek. Experimenty byly provedeny v laboratoři VÚGTK s geodetickým příslušenstvím využívaným na délkové základně Koštice. V práci jsou detailně popsány navržené experimenty i kompletní výsledky popisující přesnost zadaných geodetických pomůcek. Dále je popsán měřický přístroj Leica AT401, pomůcky a použitý software.

Klíčová slova

Laser tracker, Leica AT401, excentricita, trojnožka, trn, optický centrovač, hranol, Státní etalon velkých délek Koštice, hranol RRR1.5in, ATControl

Abstract

The purpose of this thesis is to devise experiments for determination of eccentricity and repeatability of clamping and settlement of geodetic equipment. Experiments were performed in the laboratory of VÚGTK (Research Institute of Geodesy, Topography and Cartography) with geodetic equipment used on the Koštice distance baseline. The thesis describes in detail the proposed experiments and complete results describing the accuracy of the geodetic equipment. There is also described used measuring instrument Leica AT401, geodetic equipment and control software.

Keywords

Laser tracker, Leica AT401, eccentricity, tribrach, prism carrier, carrier with optical plummet, prism, distance baseline Koštice, prism RRR1.5in, ATControl

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Geodetické příslušenství pro délkovou základnu	11
2.1	Trojnožky.....	11
2.2	Optické dostředovače	13
2.3	Trny.....	14
2.4	Odrazné hranoly.....	16
2.5	Závazné sady.....	18
2.6	Desky	19
3	Testovací laboratoř a měřické vybavení	20
3.1	Laboratoř VÚGTK.....	20
3.2	Laser tracker	21
3.3	Software pro laser tracker	23
4	Testy pro určení parametrů příslušenství.....	24
4.1	Test č.1 - Absolutní poloha trojnožky vůči šroubu.....	25
4.1.1	Postup.....	26
4.1.2	Zpracování	27
4.1.3	Vyhodnocení	28
4.2	Test č.2 - Opakované našroubování trojnožek.....	31
4.2.1	Postup.....	31
4.2.2	Zpracování	32
4.2.3	Vyhodnocení	33
4.3	Test č.3 - Opakované upínání centrovače do trojnožek.....	35
4.3.1	Postup.....	35
4.3.2	Zpracování	35
4.3.3	Vyhodnocení	35
4.4	Test č. 4 - Opakované upínání centrovačů do trojnožky	37
4.4.1	Postup.....	37
4.4.2	Zpracování	37
4.4.3	Vyhodnocení	38
4.5	Test č.5 - Excentricita centrovačů.....	39

4.5.1	Postup.....	39
4.5.2	Zpracování	40
4.5.3	Vyhodnocení.....	40
4.6	Test č.6 - Excentricita trnů.....	43
4.6.1	Postup.....	43
4.6.2	Zpracování	43
4.6.3	Vyhodnocení.....	44
4.7	Test č.7 - Porovnání závazných sad.....	46
4.7.1	Postup.....	46
4.7.2	Zpracování	46
4.7.3	Vyhodnocení.....	47
4.8	Test č.8 - Rovinnost desek.....	50
4.8.1	Postup.....	50
4.8.2	Zpracování	51
4.8.3	Vyhodnocení.....	52
4.9	Test č.9 - Opakovaná horizontace.....	54
4.9.1	Postup.....	54
4.9.2	Zpracování	54
4.9.3	Vyhodnocení.....	55
5	Závěr.....	56
SEZNAM ZDROJŮ.....		60
SEZNAM TABULEK		63
SEZNAM OBRÁZKŮ.....		64
SEZNAM PŘÍLOH.....		65

1 Úvod

V inženýrské geodézii jsou obvykle vyžadovány velmi přesné výsledky měření. Podle požadavků na přesnost výsledků je volena metoda měření a měřický přístroj. Při plánování měření je potřeba také věnovat pozornost volbě různých měřických pomůcek jako jsou trojnožky, optické dostředovače, trny a odrazné hranoly, jež mají také své nepřesnosti. U geodetického příslušenství se projevuje zejména nedokonalost v jejich excentricitě a v sestavování jednotlivých částí. Cílem této diplomové práce je navrhnout a realizovat testy, jejichž výsledkem budou data popisující nepřesnosti vybraných pomůcek.

Při znalosti parametrů geodetického vybavení je možno lépe plánovat metody měření a postup prací. Pro tuto práci bylo vybráno geodetického příslušenství, které je majetkem Výzkumného ústavu geodetického, topografického a kartografického (VÚGTK), a které je používáno při měření na státním etalonu velkých délek Koštice. Jedná se o státní etalon využívaný především pro kalibraci elektronických dálkoměrů v totálních stanicích na vzdálenost 25 m až 1450 m [1].

Znalost parametrů, jako je směr a velikost excentricity či výběrová směrodatná odchylka opakovaného upínání, je nutná pro realizaci velmi přesného měření. V praxi se k potlačení vlivu nedokonalosti pomůcek využívá konstantního rozmístění měřických souprav. Pokud se při opakovaných měřeních na stejný bod umístí jiná měřická souprava, tedy s jinou excentricitou, je do měření zanášena nežádoucí chyba.

Práce je rozdělena do tří hlavních kapitol. V prvních dvou částech je popsáno testované geodetické příslušenství a přístroj s pomůckami, které byly při testech použity. Poslední část je věnována popisu testů geodetického příslušenství, zpracování a vyhodnocení experimentů. Celkem bylo realizováno 9 různých testů, při kterých bylo zkoumáno 12 trojnožek, 3 optické dostředovače, 4 trny, 4 odrazné hranoly a 2 desky pro bezhranolový dálkoměr. Testy byly realizovány v laboratoři VÚGTK ve dnech 31. 1. a 6. 2. 2018.

Excentricity geodetických pomůcek byly také zkoumány v rámci diplomové práce Ing. Císařové [2] a Ing. Sobolové [3]. Obě autorky při měření spolupracovali a realizovaly

jej v laboratoři Fakulty stavební, ČVUT v Praze. Jejich měření bylo provedeno automatizovanými totálními stanicemi Trimble S6 HP a Trimble S8 HP a testováno bylo měřické vybavení Fakulty stavební ČVUT v Praze. Výpočet souřadnic byl proveden metodou protínání vpřed ze směrů s vyrovnáním v programu GNU Gama. Ing. Císařová se v rámci své diplomové práce zabývala excentricitami trojnožek a kompletních sad, přičemž bylo zjištěno, že hodnoty excentricit trojnožek nabývají hodnot do 0,5 mm, tato hodnota byla mírně překročena jen v jednom případě (0,52 mm). V rámci testování sad byly zjištěny excentricity vůči referenčnímu bodu v rozmezí do 1,6 mm, ovšem ve vzájemné poloze jednotlivých sad lze najít i případ, kde jsou sady od sebe vzdálené 2,3 mm [2]. V diplomové práci Ing. Sobolové byly zkoumány trny a odrazné hranoly. Excentricita trnů se zde pohybuje v hodnotách do 0,1 mm, pouze v jednom případě byla zjištěna excentricita 0,2 mm. Dále bylo zjištěno, že při záměně odrazného hranolu dochází k rozdílu až 1,0 mm v hodnotě měřené délky [3].

2 Geodetické příslušenství pro délkovou základnu

Geodetické vybavení, využívané na délkové základně Koštice, které je předmětem zkoumání této diplomové práce, se skládá z trojnožek, optických dostředovačů, trnů a odrazných hranolů. Veškeré testované příslušenství, stejně jako měřické vybavení potřebné k realizaci experimentů je vlastnictvím VÚGTK.

2.1 Trojnožky

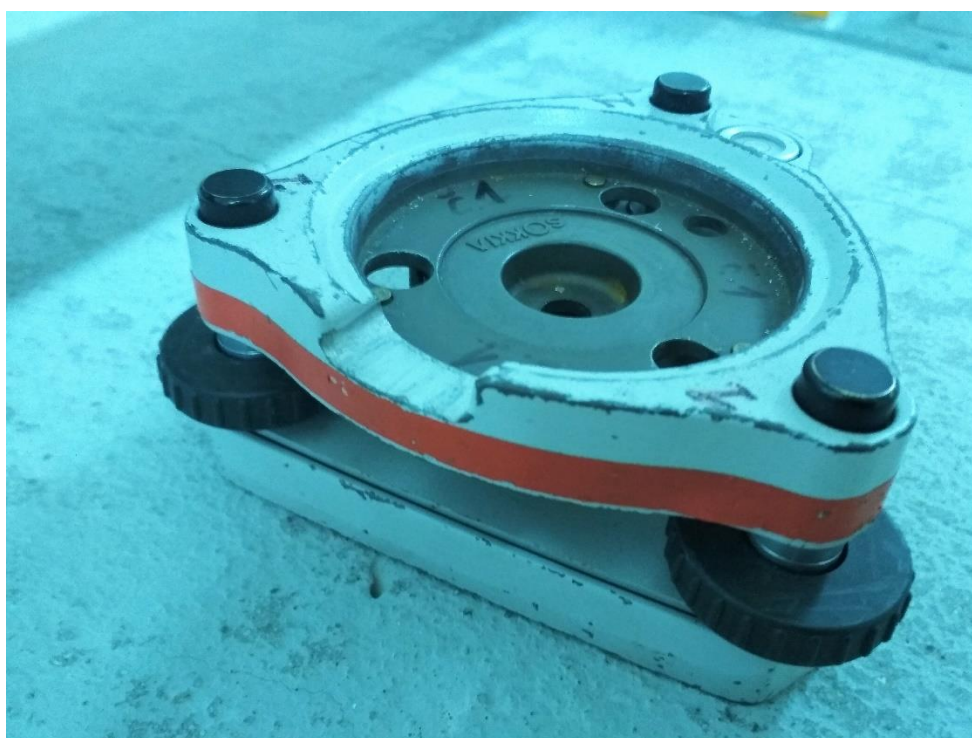
Státní etalon velkých délek v Košticích je etalonem terénním, složeným z 12 pilířů s nucenými centracemi, které jsou uzpůsobeny pro připevnění standardního geodetického vybavení [1]. Proto je také sada zkoumaných trojnožek dvanáctičlenná, přičemž v praxi je každé trojnožce přidělen jeden pilíř délkové základny, na kterém je využívána.

Trojnožka je nezbytnou geodetickou pomůckou, která spojuje stativ, popř. pilíř s nucenou centrací, s totální stanicí, teodolitem nebo cílovým znakem. Je opatřena vždy třemi stavěcími šrouby, které slouží k přesné horizontaci. Při otáčení stavěcího šroubu se mění výška horní plochy trojnožky. V inženýrské geodézii je při některých pracích, kdy je nutná výšková stálost urovnání trojnožky, využíváno fixace jednoho ze šroubů, horizontace je poté provedena pouze dvěma zbylými šrouby. U klasické trojnožky Zeiss se do pouzdra čepu trojnožky (opracované mechanické zděře) vkládá čep alhidády, ten je zde upevněn tzv. svěrným šroubem [4]. V této práci jsou ovšem zkoumány trojnožky s třemi otvory opatřenými zámkami pro upnutí centrovače (trnu). Excentricita trojnožky může být způsobena nedokonalostí závitů, kterým se spojuje stativ (pilíř) s trojnožkou. Nebo také excentrickým umístěním zámků pro centrovač (trn).

Testované trojnožky jsou značek Sokkia a Leica. Vzhledem k stáří a opotřebení těchto pomůcek se zachovala nálepka s výrobním číslem pouze u trojnožky č. 11. Následující tabulka č. 1 informuje o výrobcí, typu, sériovém, popř. i výrobním čísle a pilíři délkové základny, na kterém je využívána. Data pro popis byla poskytnuta Ing. Dvořáčkem, Ph.D. z VÚGTK.

Tab. 1: Trojnožky používané na délkové základně Koštice

Trojnožka č.	Výrobce	Typ	Sériové č.	Výrobní č.	Pilíř č.
1	Sokkia	887-1101Z	X08	-	1
2	Sokkia	887-1101Z	X08	-	2
3	Sokkia	-	749	-	3
4	Sokkia	887-1101Z	X08	-	4
5	Sokkia	887-1101Z	X08	-	5
6	Sokkia	887-1101Z	X08	-	6
7	Sokkia	-	749	-	7
8	Sokkia	887-1101Z	X08	-	8
9	Leica	GDF22	506299	-	9
10	Leica	GDF22	506299	-	10
11	Leica	GDF321	777508	1072	11
12	Sokkia	887-1101Z	602	-	12



Obr. 2.1 – Trojnožka Sokkia, typ 887-1101Z



Obr. 2.2 – Trojnožka Leica, typ GDF321

Uvedené obrázky 2.1 a 2.2 představují odlišnosti mezi trojnožkami od výrobce Sokkia a Leica. Různé typy trojnožek od jednoho výrobce se vzhledově neliší.

2.2 Optické dostřed'ovače

Optický dostřed'ovač (nebo také centrovač) je měřickou pomůckou, která umožňuje přesnou centraci nad bodem. Upíná se do trojnožky a dalekohled centrovače láme světelný paprsek o 90° směrem dolů, čímž umožňuje přesnou centraci. Slouží také k uchycení odrazného hranolu.

Na délkové základně Koštice se využívají 3 adaptéry s optickou centrací značky Sokkia, typ AP41 [5], ty jsou otočné a jsou vybaveny trubicovou libelou (Obr. 2.3). Stejně jako u trojnožek nelze prezentovat výrobní čísla, jelikož nálepky s nimi jsou již častým používáním ztraceny. Možnou příčinou excentricity této pomůcky může být nedokonalost hrotů zapadajících do otvorů a zámků trojnožek. Nepřesnost do měření může tento adaptér zanechat také tím, že osa otáčení a osa zděře pro hranol nejsou totožné.



Obr. 2.3 – Adaptér s optickou centrací Sokkia, typ AT41

2.3 Trny

Geodetický trn je pomůckou, která slouží k upevnění do adaptéru (popř. přímo do trojnožky) a na kterou je možno připnout odrazný hranol. Příčinou nepřesností může být nedokonalé vysoustružení, resp. netotožnost osy adaptéru s osou trnu.

Trny v sadě geodetického příslušenství využívaného na délkové základně Koštice jsou vlastní výroby VÚGTK, kde byly vysoustruženy přímo zaměstnanci výzkumného ústavu, nemají tedy značku ani výrobní číslo, pouze číslo pořadové (č.1 – č.3), pod kterým jsou uváděny v této práci. Tyto trny jsou určeny pro hranoly typu Leica, resp. pro upínání, které je běžné u Leica hranolů (Obr. 2.4).



Obr. 2.4 – Trny výroby VÚGTK

Vybavení pro měření na délkové základně Koštice zahrnuje také jeden trn, který se upevňuje přímo do trojnožky. Tato pomůcka je značky Leica, typ GRT44, výrobní číslo: 560112 (Obr. 2.5). Tento trn byl testován spolu s centrovači v testech č. 4 a č. 5 s mírně pozměněným měřickým postupem a je v rámci těchto testů označován jako „centrovač č.4“.



Obr. 2.5 – Trn Leica GRT44 [6]

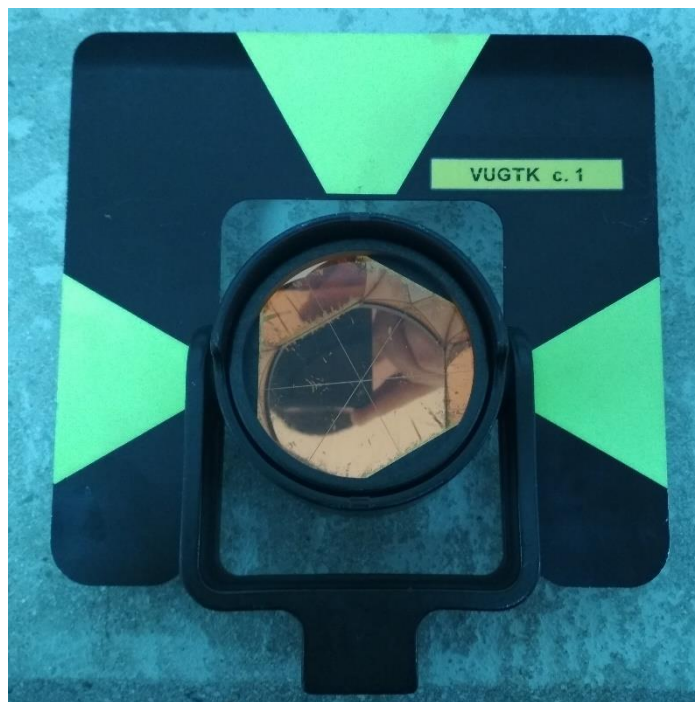
2.4 Odrazné hranoly

Odrazný hranol je pomůcka využívaná pro měření délek. Jedná se o vybroušené optické sklo, které umožňuje odrazení vyslaného elektromagnetického vlnění zpět k dálkoměru [7]. Totální stanice běžně dokáže změřit délku i bez použití hranolu, a to ve speciálním bezhranolovém módu měření. Takto změřená délka bývá ale méně přesná. Skleněný hranol bývá zasazen v pouzdře, které je uzpůsobeno k upnutí na trn nebo výtyčku [7]. Odrazná soustava by měla být opatřena ryskami pro přesné zacílení. Bod, na který je na hranolu cíleno a ke kterému je vztažena měřená délka, nemusí být dokonale přesně centrický s bodem, na který je potřeba měřit. Toto je zapříčiněno nedokonalostí jak optického skla, tak konstrukcí pouzdra. Další nepřesnost může vzniknout nedokonalostí upevňovacího mechanismu hranolu k trnu.

Sada měřických pomůcek využívaných na délkové základně Koštice zahrnuje 4 odrazné hranoly, dva značky Leica (Obr. 2.6) a dva značky Wild (Obr. 2.7). Popisnými daty těchto hranolů jsou pouze výrobce, typ a označení v rámci geodetického příslušenství pro délkovou základnu Koštice. U těchto hranolů není zvykem uvádět výrobní čísla.

Tab. 2: Identifikace odrazných hranolů

Označení hranolu	Výrobce	Typ
1	Leica	GTR1
2	Leica	GTR1
3	Wild	GPH1A
4	Wild	GPH1A



Obr. 2.6 – Odrazný hranol Leica



Obr. 2.7 – Odrazný hranol Wild

2.5 Závazné sady

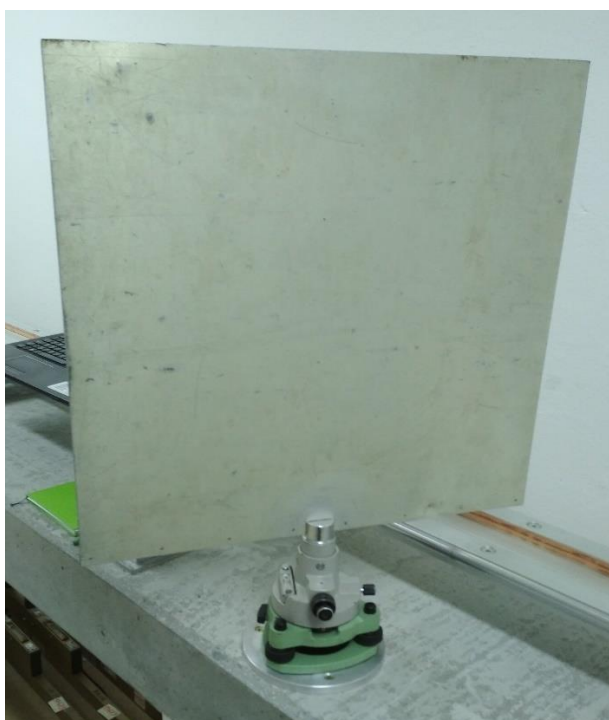
Jak bylo uvedeno výše, ke každému pilíři délkové základny Koštice se váže jedna trojnožka. Je známo, že každým dalším prvkem se do měření zanáší další chyba. Chyby jednotlivých pomůcek jsou velmi malé, v součtu však mohou nabývat nezanedbatelné hodnoty, která může ovlivnit měření. Proto je nutno pomůcky na jednotlivých pilířích nestřídat a zachovávat závazné sady pro měření. Rozdílnost jednotlivých sad je předmětem zkoumání testu č.7. Následující tabulka 3 zobrazuje kombinace tak, jak jsou při měření na délkové základně Koštice používány. Za sdělení těchto kombinací děkuji Ing. Filipu Dvořáčkovi, Ph.D., který ve VÚGTK pracuje s pomůckami pro státní etalon velkých délek v Košticích. Centrovač č. 4 v tabulce 3 je výše popsanou pomůckou Leica GRT44, proto u ní není uveden žádný trn.

Tab. 3: Závazné sady

Sada	Trojnožka	Centrovač	Trn	Hranol
1	1	1	1	1
2	2	1	1	1
3	3	1	1	1
4	4	1	1	1
5	5	1	1	1
6	6	2	2	4
7	7	2	2	4
8	8	3	3	3
9	9	3	3	3
10	10	3	3	3
11	11	3	3	3
12	12	GRT44		2

2.6 Desky

Sada měřického vybavení, využívaného na délkové základně Koštice, zahrnuje rovněž dvě plastové, čtvercové desky o rozměrech 50 cm x 50 cm. Desky jsou využívány pro kalibraci bezhranolového dálkoměru totálních stanic. Spodek desek je opatřen příslušenstvím pro nasazení desky do adaptéru (viz obr. 2.8). Desky jsou vlastní výroby VÚGTK a jsou označeny pouze pořadovými čísly 1 a 2. Nepřesnosti do měření mohou být zaneseny zejména nedokonalou svislostí desky a jejím možným prohnutím.



Obr. 2.8 – Deska při měření

3 Testovací laboratoř a měřické vybavení

3.1 Laboratoř VÚGTK

Kalibrační laboratoř je provozována útvarem Metrologie a inženýrské geodézie Výzkumného ústavu geodetického, topografického a kartografického. Je akreditovanou kalibrační laboratoří v oboru délka a úhel. Od roku 2008 je laboratoř pověřena správou státního etalonu délek 25 m–1450 m v Košticích. [8]

Laboratoř se nachází v suterénu budovy VÚGTK ve Zdíbech (Praha-východ). Jedná se o cca 30 m dlouhou a 2 m širokou místnost s co nejvíce konstantní teplotou, tlakem a vlhkostí (Obr. 3.1). Testování bylo provedeno právě zde z důvodu stálosti atmosférických podmínek, zapůjčení laser trackeru i testovaných geodetických pomůcek a také díky vybavenosti laboratoře nucenými centracemi.



Obr. 3.1 – Laboratoř VÚGTK

3.2 Laser tracker

Laser tracker je přístroj, který stejně jako totální stanice měří délku, horizontální a vertikální úhel. Na rozdíl od totálních stanic je však výrazně přesnější a nedisponuje okulárem. Cílení je prováděno automaticky, za pomoci odrazu vyslaného laserového paprsku. Díky funkci Power lock je přístroj schopen sledování cíle, kterým je odrazivý materiál.

Použitý laser tracker je značky Leica, model AT401 (viz obr. 3.2.) a je majetkem VÚGTK. Spolu s tímto přístrojem je nutno použít taktéž kontroler a kulový hranol (Red-Ring Reflector-RRR). Identifikace příslušenství je uvedena v tabulce č. 4.

Pro tuto práci jsou důležitými technickými parametry přístroje přesnost při měření délek a přesnost při měření úhlů (viz data níže) [9].

Přesnost měření délky: $\pm 5 \mu\text{m}$
Přesnost měření úhlů: $\pm 7,5 \mu\text{m} + 3 \mu\text{m/m}$

Kulové RRR hranoly (Obr. 3.3) jsou velice přesná odrazná zařízení o poloměru 1,5 palce, vážící 170 g. Přesnost centrování optiky je u takového hranolu uváděna $< 3 \mu\text{m}$. [10] Vzhledem k přesnostem laser trackeru i RRR hranolu, lze považovat laser tracker za referenční přístroj pro zjišťování nepřesností geodetického příslušenství využívaného na délkové základně Koštice.

Tab. 4: Identifikace laser trackeru a příslušenství

Výrobce	Produkt	Model	Sériové číslo	Výrobní číslo
Leica	Absolute Tracker	AT401	390740	576371
Leica	AT Controller	AT400	390740	576370
Leica	hranol RRR1.5in	-	575784	8058
Leica	hranol RRR1.5in	-	575784	11466



Obr. 3.2 – Leica AT401 [11]

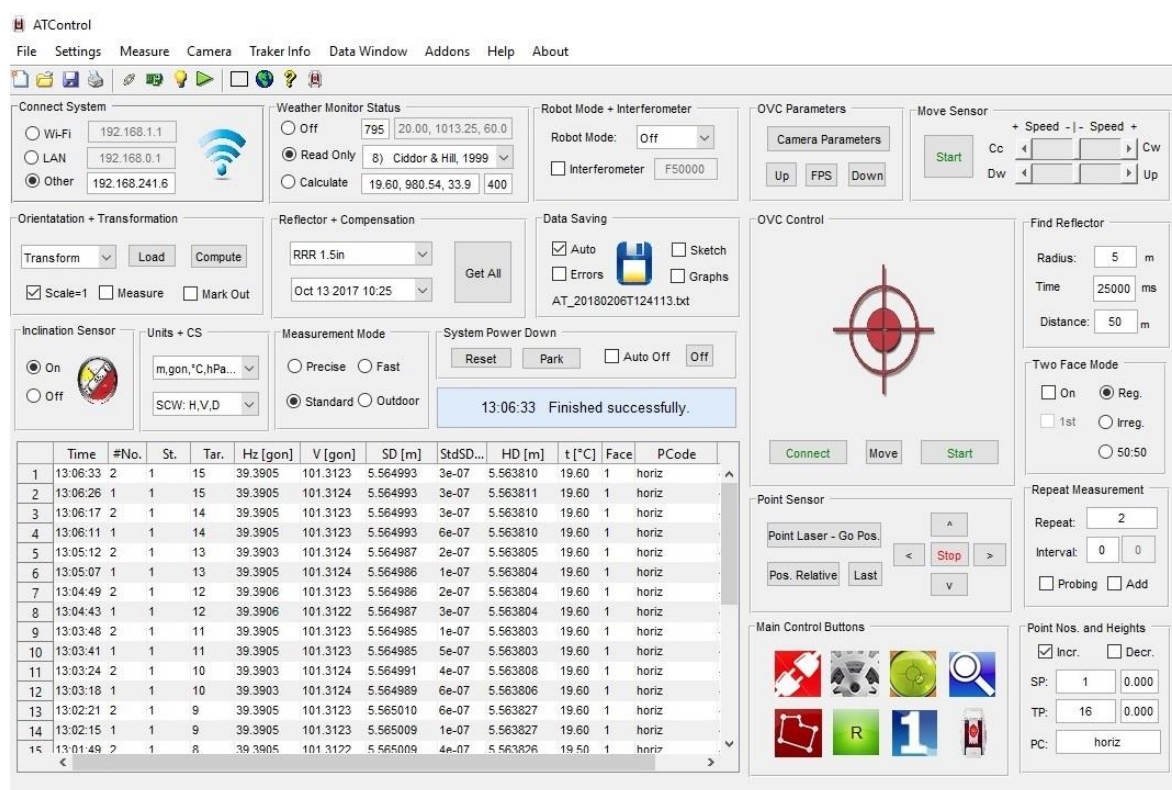


Obr. 3.3 – Leica RRR 1.5in [10]

3.3 Software pro laser tracker

Při experimentech byl laser tracker ovládán pomocí notebooku. Počítač a tracker byly spárovány přes internet (místní síť laboratoře VÚGTK) za pomoci softwaru ATControl. Laser tracker je zařízení, jehož primární využití je pro industriální metrologii. Na trhu není k dostání software, který by dokonale splňoval požadavky geodetů a metrologů [12], proto byl Ing. Filipem Dvořáčkem, Ph.D. vyvinut software ATControl.

ATControl je aplikace disponující grafickým rozhraním. Jejím předchůdcem byla v minulosti aplikace GeoTracker, vyvinuta Ing. Pavlem Hánkem, Ph.D. z VÚGTK. ATControl je naprogramována v Matworks Matlab a registruje všechna měřená data i některá další, doplňující data. Ve výstupu z měření se tak objeví surová měřená data, atmosférické podmínky, ale také např. redukce vzdálenosti na základě změřených atmosférických podmínek, či některá statistická data. [12]



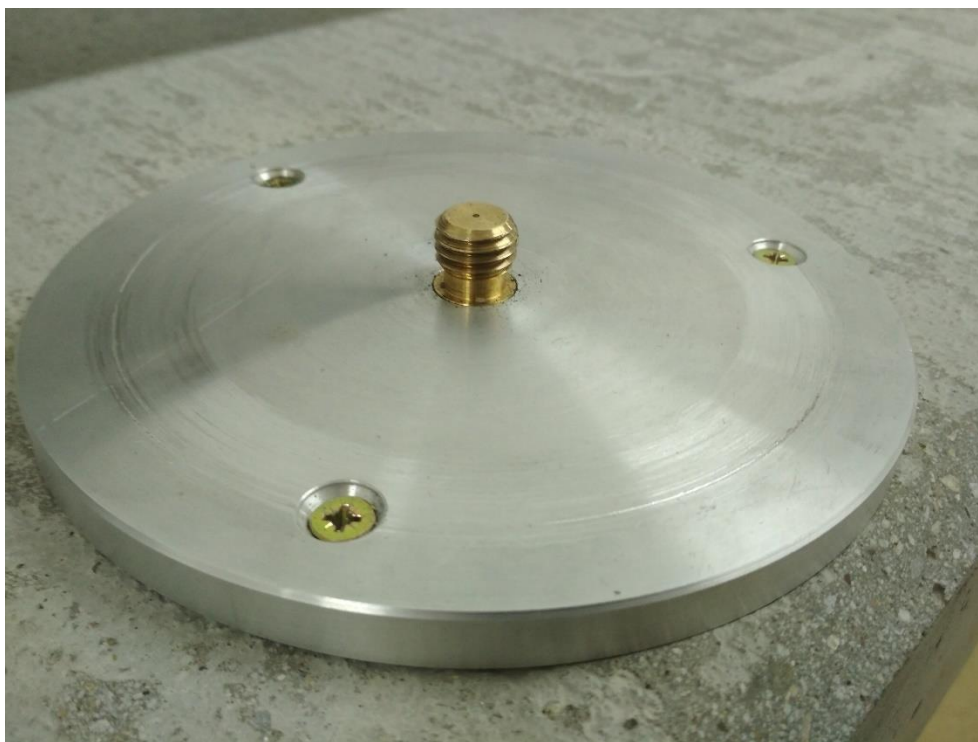
Obr. 3.4 – Grafické prostředí aplikace ATControl

4 Testy pro určení parametrů příslušenství

Pro určení parametrů příslušenství, využívaného na státním etalonu velkých délek Koštice bylo navrženo a realizováno celkem 9 testů. Všechny testy byly měřeny a vyhodnoceny autorem práce. Měření bylo rozděleno do dvou pracovních dnů a provedeno v laboratoři VÚGTK ve dnech 31. 1. 2018 (1. – 5. test) a 6. 2. 2018 (6. – 9. test).

Laser tracker Leica AT401 byl umístěn a zhorizontován na mosazném podstavci v laboratoři VÚGTK. Pro maximalizaci přesnosti měření byl přístroj zapnut hodinu před zahájením měření, čímž bylo zajištěno dostatečné vnitřní zahřátí přístroje a v průběhu měření tak nedošlo k žádné velké změně vnitřní teploty způsobené dobou používání. Následně byl přístroj přes internet propojen s notebookem za pomoci programu ATControl. Po celou dobu měření byl k přístroji připojen externí teploměr, tlakoměr a vlhkoměr, ke každému měření je tedy ve výstupu zaznamenána i aktuální teplota, tlak a vlhkost (laboratoř má sice stále atmosférické podmínky, ovšem takto byla zajištěna maximální přesnost měření).

V každém experimentu bylo cíleno na různé kombinace pomůcek, které vždy byly umístěny na šroubu nucené centrace (obr. 4.1).



Obr. 4.1 – Nucená centrace v laboratoři VÚGTK

Před zahájením měření každého experimentu byla provedena tzv. inicializace laser trackeru. Tato inicializace byla prováděna na hranol RRR1.5in s výrobním číslem: 11466, umístěným přibližně 10 m od přístroje pod zenitovým úhlem přibližně 100 gon. Inicializace je prováděna automaticky a jedná se o proces určení offsetu při měření v obou polohách a zavádění početních korekcí. [12]

Testy, které byly navrženy, zkoumají vzájemnou polohu jednotlivých pomůcek, v případě trojnožek byla určena i absolutní poloha vůči šroubu. Dále byly navrženy testy, které jsou určeny k popsání nepřesností upínání centrovače do trojnožky a našroubování trojnožky na nucenou centraci. Zkoumána byla i vzájemná poloha závazných sad pomůcek, jež jsou používány na délkové základně Koštice. Přesnost desek byla popsána zhodnocením jejich rovinnosti a na závěr byl vyhotoven doplňkový test, ve kterém byl vyhodnocen vliv opakované horizontace. Při testech s opakovaným upínáním byl zvolen počet opakování na 10. Tento počet zaručuje dostatečně vypovídající soubor hodnot a zároveň neprodluhuje neúměrně dobu měření.

4.1 Test č.1 - Absolutní poloha trojnožky vůči šroubu

Tímto testem byly určovány absolutní polohy středů trojnožek vůči šroubu nucené centrace. Díky tomuto experimentu lze porovnat excentricity jednotlivých trojnožek a tím pádem i jejich vhodnost použití a případnou záměnnost. Pro realizaci tohoto experimentu bylo nutné použít jeden z adaptéru (viz kap. 4.1.1), po konzultaci s Ing. Dvořáčkem, Ph.D. byl vybrán adaptér č.1. Jelikož se jedná o experiment, kde je měřena i absolutní poloha šroubu, je potřeba použití přípravku, který umožní umístění kulového RRR hranolu na šroub. Takovým přípravkem je centrační jednoosý posuv vyvinutý na katedře speciální geodézie Fakulty stavební ČVUT v Praze. Posuv je vhodný k tomuto účelu, jelikož šroub, na který se následně umísťuje trojnožka je dutý (viz obr. 4.2) a lze do něj umístit kulový RRR hranol.



Obr. 4.2 – Centrační jednoosý posuv

4.1.1 Postup

K zaměření absolutní polohy šroubu byl využit centrační jednoosý posuv. Ten byl našroubován na nucenou centraci (viz obr. 4.1) a do šroubu posuvu byl umístěn kulový RRR hranol s výrobním číslem 8058 (v průběhu všech testů byl k měření použit tento hranol, druhý byl použit pouze k inicializaci laser trackeru). Při měření všech testů byl RRR hranol umisťován potiskem firemního loga nahoru, jelikož zachováním natočení se vyhýbáme případným chybám. Absolutní poloha šroubu byla zaměřena 5x před zahájením měření na trojnožky a 5x po ukončení měření na trojnožky.

Při měření excentricit trojnožek byla nejprve daná trojnožka našroubována na šroub jednoosého centračního posuvu. Poté do ní byl upnut referenční adaptér č.1, vždy ve stejné počáteční pozici dané natočením okuláru centrovače vůči trackeru. Za pomoci softwaru ATControl bylo nastaveno provedení vždy dvojího měření (tj. při jednom spuštění měření se provedou a uloží dvě měření). Na adaptér byl posazen RRR hranol a následně bylo provedeno čtení a registrace přístrojem Leica AT401. Adaptérem bylo postupně otáčeno o 90° a byly získány 4 zaměřené pozice absolutní polohy. Pozice č. 1 byla měřena kontrolně dvakrát. Tento postup byl proveden s každou trojnožkou.

4.1.2 Zpracování

Všech 10 měření absolutní polohy šroubu bylo zprůměrováno. Taktéž bylo průměrováno dvojí měření na danou pozici adaptéru v dané trojnožce. Byly vypočteny místní souřadnice všech bodů, kdy počátek systému je ve středu laser trackeru a osa X směřuje na pozici šroubu. Pro přehlednost výstupu byly souřadnice redukovány tak, aby poloha závitu měla souřadnice [0,0]. Souřadnice jsou vypočteny podle vzorce 1.

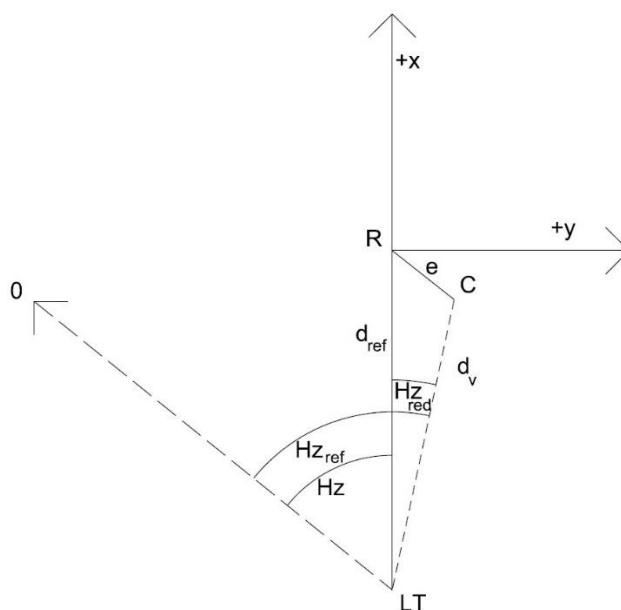
$$\begin{aligned} Y &= d_v * \sin(Hz_{red}) \\ X &= d_v * \cos(Hz_{red}) - d_{ref}, \end{aligned} \quad (\text{vzorec 1})$$

kde d_v ... vodorovná délka,
 d_{ref} ... referenční délka (délka mezi laser trackerem a absolutní polohou šroubu).

$$Hz_{red} = Hz - Hz_{ref},$$

kde Hz_{ref} ... měřený vodorovný směr na šroub (směr referenční),
 Hz ... měřený vodorovný směr.

V tomto výpočtu Y symbolizuje příčnou a X podélnou složku excentricity. Obrázek 4.3. názorně zobrazuje měřené veličiny vstupující do souřadnicového výpočtu (vzorec 1). Počátek systému souřadnic, tedy referenční bod je zde označen R , e značí excentricitu zkoumané pomůcky a C její polohu, LT je bod, který představuje polohu laser trackeru. Zbýlé značení odpovídá vysvětlivkám vzorce 1.



Obr. 4.3 – Schématický náčrt měřených veličin

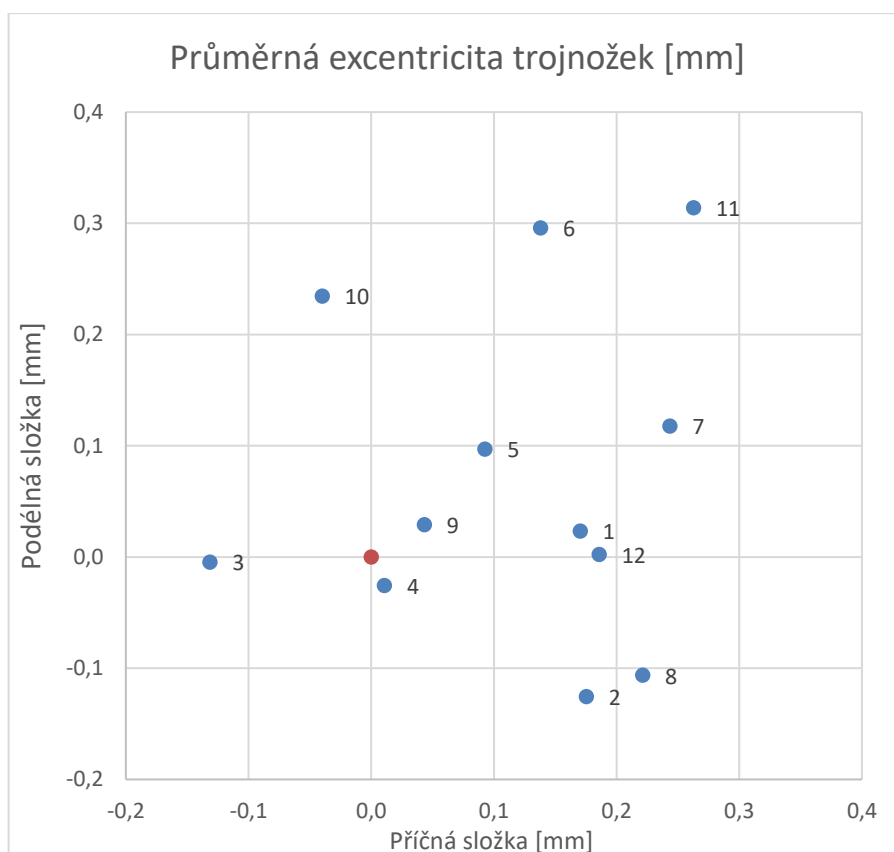
4.1.3 Vyhodnocení

Ke každé trojnožce byly určeny souřadnice 4 poloh adaptéru a jejich průměr je považován za výslednou absolutní polohu trojnožky vůči šroubu (excentricitu), 4 polohy by měly tvořit kružnici a její střed by měl být středem trojnožky. Následující tabulka (tabulka 5) a bodový graf (obr. 4.4) informují o vzájemné absolutní poloze jednotlivých trojnožek.

Tab. 5: Průměrná excentricita jednotlivých trojnožek

Průměrná excentricita [mm]		
trojnožka č.:	Příčná složka	Podélná složka
1	0,17	0,02
2	0,18	-0,13
3	-0,13	0,00
4	0,01	-0,03
5	0,09	0,10
6	0,14	0,30
7	0,24	0,12
8	0,22	-0,11
9	0,04	0,03
10	-0,04	0,23
11	0,26	0,31
12	0,19	0,00

První pozice otáčení byla kontrolně zaměřena dvakrát. Pro každou z trojnožek byl spočten rozdíl horizontálních směrů a vodorovných délek těchto dvou zaměření. Maximální rozdíl v délce dosáhl hodnoty 0,04 mm, v horizontálním směru 0,23 mgon, což na vzdálenost 5,56 m na kterou bylo měřeno odpovídá rozdílu v příčném směru 0,02 mm.



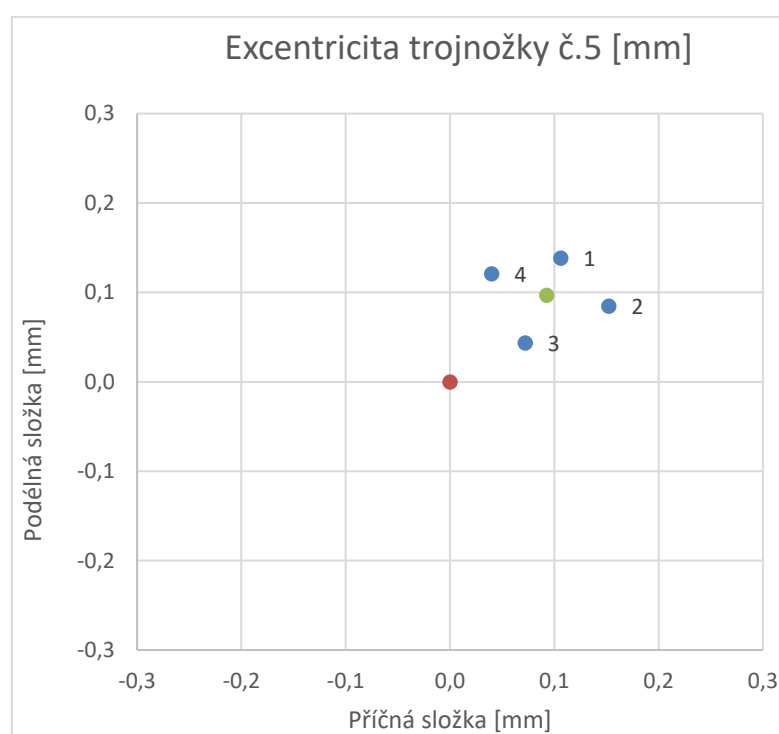
Obr. 4.4 – Průměrná excentricita jednotlivých trojnožek

Na obr. 4.4 jsou zobrazeny průměrné excentricity modrým bodem a jsou označeny pořadovým číslem dané trojnožky. Oranžovým bodem je označena absolutní poloha šroubu s nulovými souřadnicemi. Nejblíže k absolutní poloze šroubu, tedy s nejmenší hodnotou excentricity, se nachází trojnožka č. 4. Trojnožka č. 5 je v rámci sady využívána jako referenční kvůli tomu, že svou polohou odpovídá středu absolutních poloh trojnožek.

Pro každou z trojnožek byla vyhotovena tabulka, která obsahuje průměrné měřené hodnoty pro každou ze čtyř poloh. Dále je v tabulce uveden redukovaný směr $H_{z_{red}}$ a souřadnice příčné a podélné složky excentricity. Výstupem pro každou z trojnožek je dále bodový graf zobrazující 4 polohy excentricity (modré body), průměrnou excentricitu (zelený bod) a absolutní polohu šroubu (oranžový bod). Veškeré tabulky i grafy jsou uvedeny v přílohách práce. Zde je pro ukázkou uvedena tabulka a graf pro trojnožku č. 5 (jelikož trojnožka č. 5 bude v dalších testech použita jako referenční).

Tab. 6: Excentricita trojnožky č. 5

trojnožka 5	Hz [gon]	vod. délka [m]	Hz red [gon]	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
poloha 1	268,11967	5,56160	0,00122	0,11	0,14
poloha 2	268,12020	5,56154	0,00174	0,15	0,08
poloha 3	268,11928	5,56150	0,00082	0,07	0,04
poloha 4	268,11891	5,56158	0,00046	0,04	0,12
průměr				0,09	0,10



Obr. 4.5 – Excentricita trojnožky č. 5

Ve výstupu měření tohoto testu se objevily dvě chyby. První z nich se týká měření na trojnožku č. 1 – zde chybí kontrolní zaměření první pozice natočení. Výpočtu průměrné excentricity to ovšem nebrání, jelikož každá z pozic je zaměřena. Při měření na trojnožku č. 2 chybí měření na čtvrtou pozici a pro správné průměrování není možné použít pouze 3 měření. Z ostatních grafů vyplývá, že excentricita poloh opisuje kolem své průměrné hodnoty kružnici, proto jsou u trojnožky č. 2 zprůměrovány pouze protilehlé polohy (poloha č.1 a poloha č.3).

4.2 Test č.2 - Opakované našroubování trojnožek

Tento test je zaměřen na určení nepřesností, které jsou způsobeny opětovným našroubováním trojnožek na upínací šroub (v tomto případě šroub nucené centrace). Testování bylo provedeno pro trojnožky ze sady geodetického vybavení používaného na délkové základně Koštice a pro měření bylo opět nutno vybrat referenční adaptér, na který lze umístit RRR hranol. Stejně jako v prvním testu byl zvolen adaptér č. 1.

4.2.1 Postup

Umístění laser trackeru zůstávalo vždy po celý den stejné. Jak již bylo uvedeno výše, před každým testem byla provedena inicializace laser trackeru. Centrační posuv z prvního testu byl sundán a trojnožky byly umísťovány přímo na šroub nucené centrace. Pro měření byl do trojnožky upnut adaptér s optickou centrací a to vždy v konstantní pozici.

Na adaptér byl usazen RRR hranol, na který bylo cíleno (Obr. 4.6). Každá z trojnožek byla našroubována desetkrát a pro každé našroubování bylo provedeno jedno zaměření. Mezi jednotlivými našroubováními nebyl adaptér snímán z trojnožky a zůstával upnutý, stejně tak horizontace zůstávala stejná, aby výsledné hodnoty nebyly zkresleny vlivem opakované horizontace (ta je zkoumána v rámci testu č.9). Při měření byla snaha dotahovat trojnožky stále stejně.



Obr. 4.6 – Sestava pro cílení

4.2.2 Zpracování

Pro každou z trojnožek bylo získáno 10 měření. Cílem tohoto experimentu bylo popsat směrodatnou odchylku opětovného našroubování trojnožky a zároveň získat informace o vzájemné poloze jednotlivých trojnožek, která by měla odpovídat výsledkům z testu č. 1. Jelikož byla pro další testy vybrána jako referenční trojnožka č. 5, je zpracování tohoto testu vloženo do místního souřadnicového systému, jehož počátkem je právě trojnožka č. 5. Výpočet souřadnic je proveden pro každé jedno měření, a to postupem obdobným testu č. 1. Jako vztažný bod zde však není absolutní poloha šroubu, ale trojnožky č. 5, tedy referenční délka a směr je zde průměrná délka a průměrný směr naměřený na trojnožku č. 5. Na závěr byly pro každou z trojnožek zprůměrovány souřadnice příčné a podélné složky, dále také byly spočteny výběrové směrodatné odchylky s pro každý výběr příčných a podélných souřadnic (viz vzorec 2 [13]).

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}, \quad (\text{vzorec 2})$$

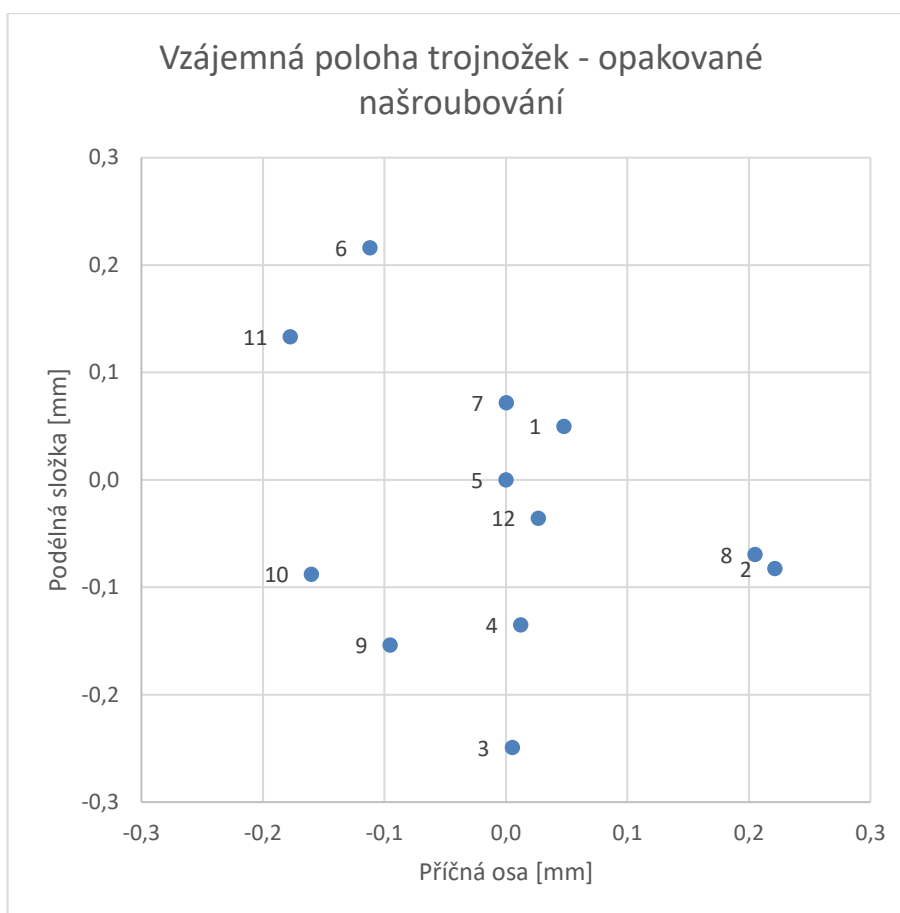
kde N ... počet prvků výběru,
 \bar{x} ... aritmetický průměr,
 x_i ... měřená hodnota.

4.2.3 Vyhodnocení

Vliv nepřesnosti každé z trojnožek, způsobený jejím opětovným našroubováním, je popsán výběrovými směrodatnými odchylkami v příčném a podélném směru. Dále byly spočteny průměrné souřadnice příčné a podélné složky pro každou trojnožku. Souhrn všech zjištěných hodnot je uveden v tabulce č. 7. Vzájemnou polohu trojnožek, na základě tohoto testu znázorňuje obrázek 4.7.

Tab. 7.: Opakované našroubování trojnožek

Trojnožka	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]	Výb. sm. o. příčné složky [mm]	Výb. sm. o. podélné složky [mm]
1	0,05	0,05	0,02	0,01
2	0,22	-0,08	0,03	0,04
3	0,01	-0,25	0,01	0,01
4	0,01	-0,14	0,01	0,01
5	0,00	0,00	0,01	0,00
6	-0,11	0,22	0,02	0,01
7	0,00	0,07	0,01	0,02
8	0,21	-0,07	0,01	0,00
9	-0,10	-0,15	0,02	0,02
10	-0,16	-0,09	0,06	0,02
11	-0,18	0,13	0,06	0,04
12	0,03	-0,04	0,02	0,01



Obr. 4.7 – Vzájemná poloha trojnožek - opakované našroubování

Jak je uvedeno v tabulce 7, výběrová směrodatná odchylka nedosáhla u žádné z trojnožek hodnoty desetiny milimetru. Nejmenších hodnot dosáhla trojnožka č. 5, u které se navíc ukazuje, že se nachází ve středu vzájemných poloh trojnožek – proto byla vybrána jako referenční. Největší hodnoty směrodatné odchylky byly zjištěny u trojnožky č. 11 a dosahují velikosti až 0,06 mm.

4.3 Test č.3 - Opakované upínání centrovače do trojnožek

V tomto experimentu byla určována směrodatná odchylka upnutí centrovače do trojnožky. Test byl proveden na všech trojnožkách ze sady a s upínáním referenčního centrovače č. 1. Díky tomu, že byl do každé trojnožky upínán stejný centrováč ve stejné pozici, lze jím vnesenou chybu považovat za systematickou.

4.3.1 Postup

Byla provedena inicializace laser trackeru. Následně byla na šroub nucené centrace našroubována a zhorizontována trojnožka, do které byl upnut centrováč č. 1. Na centrováč byl posazen kulový RRR hranol a bylo provedeno zaměření a registrace dat. Dále byl centrováč vyjmut a opětovně upnut. Do každé z trojnožek byl centrováč upnut celkem desetkrát a to v konstantní pozici. Při měření nebylo nijak manipulováno s trojnožkou, ta byla našroubována a zhorizontována pouze na začátku měření.

4.3.2 Zpracování

Obdobně jako v předchozím testu, i zde bylo získáno deset měření pro každou z trojnožek. Cílem v tomto testu je určení výběrových směrodatných odchylek souřadnic a vzájemné polohy trojnožek, kdy střed místního systému souřadnic je vložen do referenční trojnožky č. 5. Výpočet byl proveden podle vzorce 1, kde referenčním směrem a délkou je průměrná délka a směr při měření na trojnožku č. 5. Na závěr byly pro každou z trojnožek zprůměrovány souřadnice příčné a podélné složky a následně byly spočteny výběrové směrodatné odchylky s pro každý výběr příčných a podélných složek. Bylo tak učiněno podle vzorce 2.

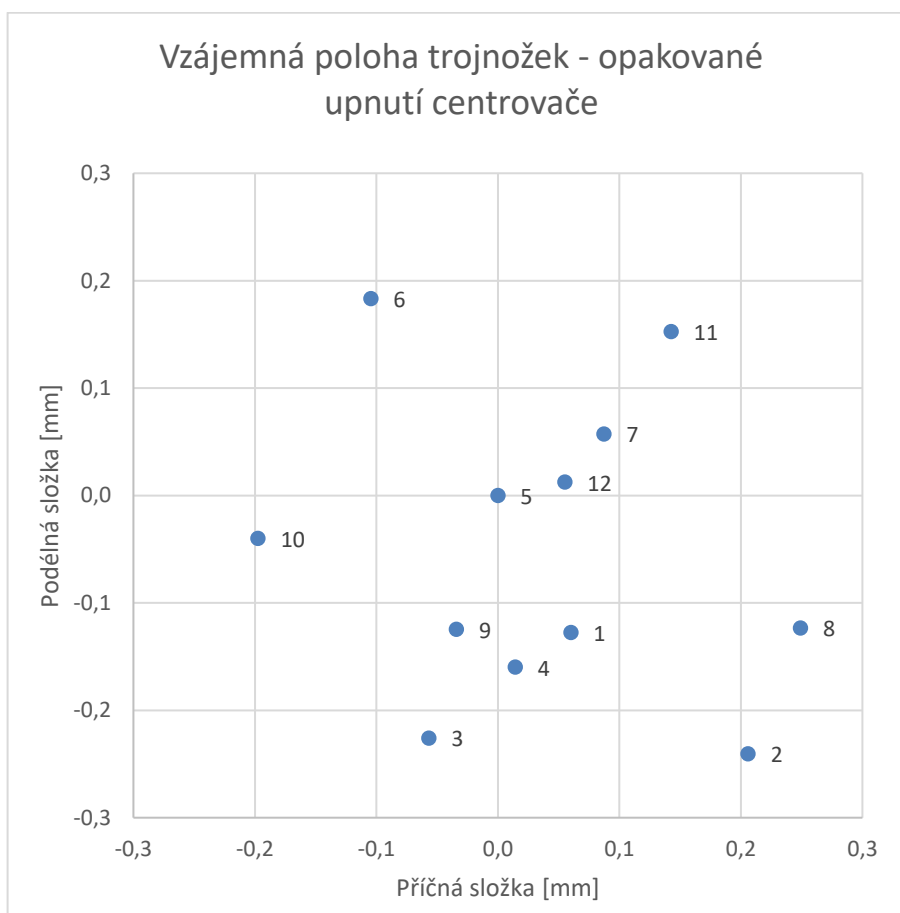
4.3.3 Vyhodnocení

Vliv nepřesnosti z upnutí je popsán výběrovými směrodatnými odchylkami v příčném a podélném směru. Vzájemná poloha trojnožek je charakterizována souřadnicemi příčné a podélné složky. Zjištěná data z tohoto experimentu shrnuje tabulka č. 8. Obrázek 4.8 znázorňuje vzájemnou polohu trojnožek zjištěnou na základě tohoto testu. Výběrové směrodatné odchylky souřadnic příčné a podélné složky nabývají hodnot

do 0,02 mm, vyjma trojnožky č. 4, kde polohová odchylka překračuje hodnotu 0,1 mm, což může být projevem mírné nedokonalosti na mechanice upínacích zámků.

Tab. 8: Opakované upnutí centrovače do trojnožek

Trojnožka	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]	výb. sm. o. příčné složky [mm]	výb. sm. o. podélné složky [mm]
1	0,06	-0,13	0,01	0,00
2	0,21	-0,24	0,01	0,01
3	-0,06	-0,23	0,02	0,02
4	0,01	-0,16	0,06	0,09
5	0,00	0,00	0,01	0,01
6	-0,10	0,18	0,01	0,00
7	0,09	0,06	0,02	0,00
8	0,25	-0,12	0,01	0,00
9	-0,03	-0,12	0,01	0,00
10	-0,20	-0,04	0,02	0,00
11	0,14	0,15	0,02	0,01
12	0,06	0,01	0,01	0,01



Obr. 4.8 – Vzájemná poloha trojnožek - opakované upnutí centrovače

4.4 Test č. 4 - Opakované upínání centrovačů do trojnožky

Test č. 4 je podobný testu předchozímu (test č.3), zkoumá ovšem nepřesnost z upnutí vlivem centrovače (trnu). Pozorovány byly všechny 3 adaptéry s optickou centrací užívané na délkové základně Koštice. K nim byl přidán ještě trn Leica GRT44, označen jako „centrovač 4“, který je trnem uzpůsobeným přímo k upnutí do trojnožky. Experiment byl proveden na referenční trojnožce č. 5.

4.4.1 Postup

Před zahájením měření experimentu byla opět provedena inicializace laser trackeru. Trojnožka č. 5 byla umístěna na šroub nucené centrace a zhorizontována. Během měření celého experimentu nebyla tato trojnožka vyšroubována, taktéž její horizontace zůstala po celou dobu měření tohoto experimentu stejná. Do trojnožky byly postupně upínány všechny adaptéry a poté i trn GRT44. Na každou z pomůcek bylo provedeno 10 zaměření, přičemž mezi každým zaměřením byl centrovač znovu upnut, upínání bylo provedeno v konstantní pozici. Pro odraz elektromagnetického vlnění vyslaného laser trackerem byl na adaptéry s optickou centrací (centrovače č.1-č.3) umístěn kulový RRR hranol. Trn Leica GRT44 není uzpůsoben k osazení kulovým hranolem, byl k němu tedy připnut odrazný hranol č.1 (Leica GTR1), který po celou dobu měření zůstal připevněn.

4.4.2 Zpracování

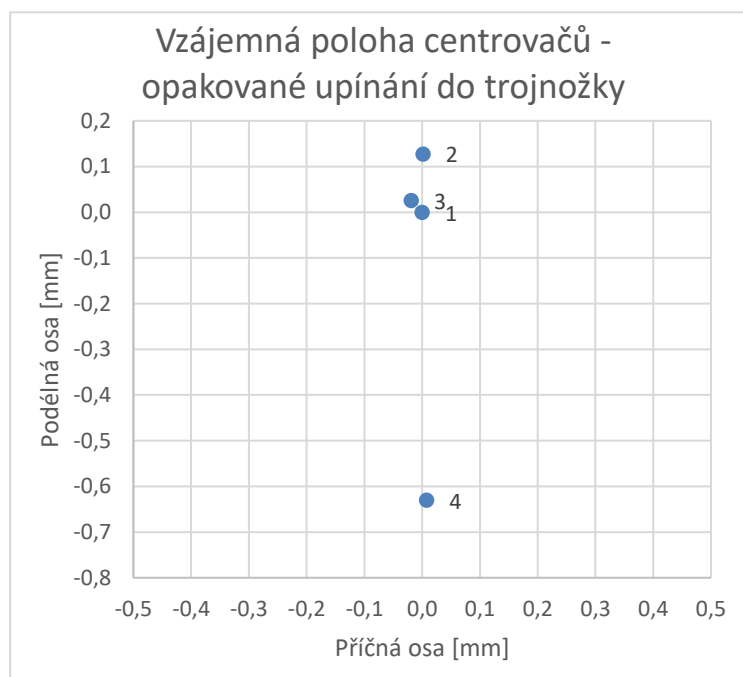
Bylo získáno deset měření pro každý z centrovačů. Chybnost centrovačů při upínání je určena pomocí výběrových směrodatných odchylek. Dílčím cílem tohoto testu je i určení vzájemné polohy centrovačů. Výpočet souřadnic příčné a podélné složky proběhl podle vzorce 1, kde referenčním směrem a délkou je průměrná délka a směr při měření na centrovač č.1 (jelikož tento centrovač je v ostatních testech referenčním). Podélné souřadnice centrovače č. 4 byly zredukovány o součtovou konstantu použitého hranolu, ta činí 34,4 mm. Pro každý z centrovačů byly zprůměrovány jeho příčné a podélné souřadnice. Podle vzorce 2 byly spočteny výběrové směrodatné odchylky příčných a podélných souřadnic ke každému centrovači.

4.4.3 Vyhodnocení

Vliv nepřesností je popsán výběrovými směrodatnými odchylkami v příčném a podélném směru. Vzájemná poloha centrovačů je určena souřadnicemi. Data zjištěná v tomto experimentu jsou uvedena v tabulce č. 9. Vzájemnou polohu centrovačů názorně ukazuje obrázek 4.9. Hodnoty výběrových směrodatných odchylek souřadnic nabývají hodnot maximálně setiny milimetru, lze tedy konstatovat, že zkoumané pomůcky mají mechanismus pro upnutí do trojnožky v pořádku. Vzájemná poloha centrovačů č.1 a č.3 se výrazně neliší, jedná se o rozdíl 0,02 a 0,03 mm v souřadnicích. Centrovač č.2 pak nabyl mírně výraznějšího rozdílu 0,13 mm v podélné souřadnici vůči referenčnímu centrovači č. 1 a 0,1 mm vůči centrovači č.3. Výraznější odlehlost, ovšem pouze v podélném směru, byla zjištěna při měření na trn (centrovač č.4), což bylo způsobeno měřením délky na velký odrazný hranol, kde hodnota v řádech desetin mm je zcela běžnou nepřesností takového typu hranolu.

Tab. 9: Opakované upínání centrovačů do trojnožky

Centrovač č.	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]	výb. sm.o. příčné složky [mm]	výb. sm.o. podélné složky [mm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,13	0,01	0,00
3	-0,02	0,03	0,01	0,00
4	0,01	-0,63	0,01	0,01



Obr. 4.9 – Vzájemná poloha centrovačů - opakované upínání

4.5 Test č.5 - Excentricita centrovačů

Cílem tohoto experimentu je určení velikostí excentricit centrovačů ze sady geodetického vybavení používaného na délkové základně Koštice a porovnání jejich spolehlivosti. Dále pak byla tímto testem určena vzájemná průměrná poloha centrovačů (v předchozím testu byla poloha centrovačů určena na základě měření na centrovač v jedné pozici - tzn. poloha je zatížena jednosměrným vlivem excentricity, kdy směr působení excentricity není znám, zde je tento vliv odstraněn pracovním postupem). Jako referenční trojnožka byla opět vybrána trojnožka č. 5.

4.5.1 Postup

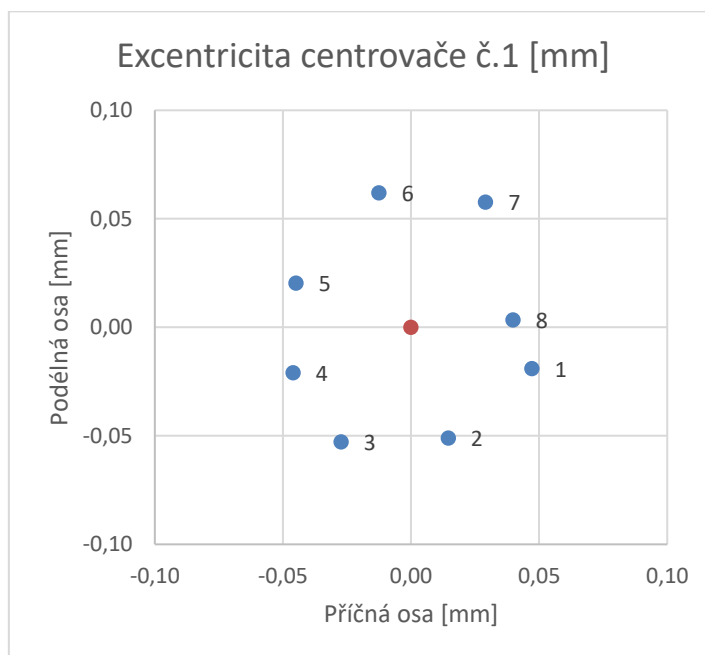
Před zahájením měření byla opět provedena inicializace laser trackeru. Měřický proces byl zahájen našroubováním a horizontací referenční trojnožky č. 5. Za pomoci softwaru ATControl bylo nastaveno dvojí čtení a registrace dat. Do trojnožky byly postupně upnuty všechny adaptéry, na které byl posazen kulový RRR hranol. Zahajovací pozice natočení adaptéru byla vždy stejná a udával ji okulár optického centrovače. Otočnou částí adaptéru bylo otáčeno po 45° a v každé pozici bylo provedeno zaměření, kdy na první pozici bylo znovu kontrolně zaměřeno. Stejný proces byl opakován i v druhém směru otáčení, celkem pro jeden adaptér bylo tedy měření spuštěno 18x a díky dvojímu měření bylo získáno 36 měření. Pro trn Leica GRT44 byl měřický postup upraven. Tato pomůcka nedisponuje otočnou částí, nebylo tedy možné otáčet po 45° . Otáčení bylo provedeno změnou v upnutí do trojnožky. Jelikož upnutí je realizováno pomocí 3 hrotů na trnu a 3 otvorů se zámkem v trojnožce, byly tedy získány 3 pozice natočení. I zde bylo otáčení provedeno obousměrně, měření tedy bylo spuštěno celkem 8x a při dvojím čtením bylo získáno celkem 16 měření. Stejně jako v předchozím testu byl pro odraz světelného paprsku při měření na trn GRT44 použit velký odrazný hranol.

4.5.2 Zpracování

Nejprve byly všechny délky změřené na centrovač č. 4 opraveny o součtovou konstantu hranolu 34,4 mm. Dále byla zprůměrována všechna měření na každou jednu pozici každého z centrovačů. Každé z pozic byly spočteny souřadnice v příčném a podélném směru podle vzorce 1, kde referenčními hodnotami měření jsou průměry měření všech pozic. Tím bylo dosaženo faktu, že průměrná excentricita je pro každý z centrovačů v počátku místní soustavy souřadnic. Pro každý centrovač byl vyhotoven bodový graf zobrazující souřadnice každé z pozic. K porovnání vzájemných poloh centrovačů byly z průměrných hodnot měření opět spočteny souřadnice podle vzorce 1, zde bylo jako referenční zvoleno měření na centrovač č. 1, jelikož se jedná o centrovač v jiných testech používán jako referenční.

4.5.3 Vyhodnocení

O velikosti excentricit jednotlivých centrovačů vypovídají souřadnice spolu s bodovými grafy, které jsou uvedeny v přílohách této práce. Pro ukázkou je zde uveden jeden z vyhotovených grafů (viz obr. 4.10), v němž lze pozorovat, že excentricita opisuje kružnici. Ta se velikostně liší podle velikosti excentricity daného centrovače. Největší hodnoty excentricity vykazuje centrovač č.2 (hodnota excentricity se blíží 0,08 mm), nejmenší potom centrovač č. 3 a č. 4 (trn GRT44), u kterých hodnota excentricity nepřekročila hodnotu 0,03 mm.

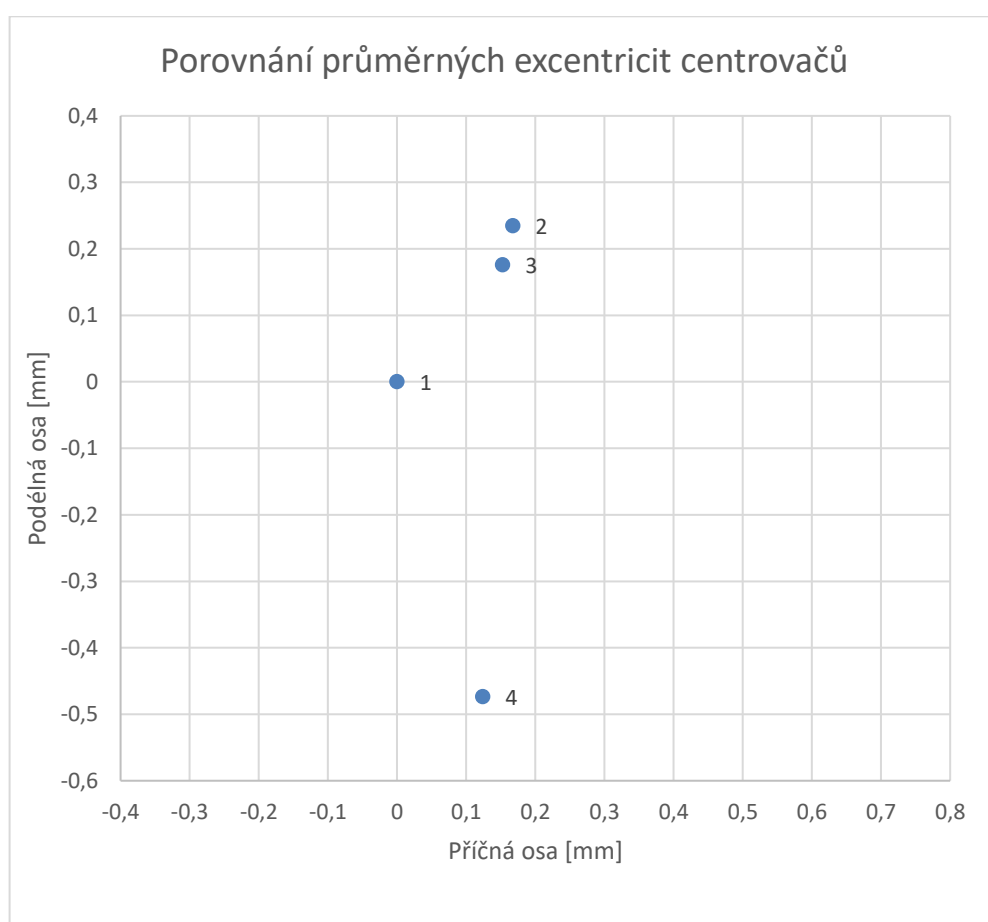


Obr. 4.10 – Excentricita centrovače č.1

Vzájemná poloha centrovačů byla spočtena vůči středu soustavy souřadnic v centrovači č.1. Souřadnice jsou uvedeny v tabulce č. 10 a názorně jsou zobrazeny v obrázku 4.11.

Tab. 10: Vzájemná poloha centrovačů

Centrovač č.	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
1	0	0
2	0,17	0,23
3	0,15	0,18
4	0,12	-0,47



Obr. 4.11 – Vzájemná poloha centrovačů

Dle grafu lze konstatovat, že vzájemná poloha průměrných excentricit centrovačů č.2 a č.3 je odlehlá pouze v řádech setin mm. Více odlehlá už je průměrná excentricita centrovače č.1, která je od polohy centrovačů 2 a 3 vzdálena více než 0,2 mm. V podélném směru je vlivem použití méně přesného odrazného hranolu výrazněji odlehlá poloha centrovače č.4.

Kontrolní zaměření první pozice otáčení bylo zhodnoceno rozdílem v měřených horizontálních směrech a vodorovných délkách, a to pro každý centrovač v obou směrech otáčení. Maximálním rozdílem v horizontálním směru je 0,44 mgon, což na délku použité záměry odpovídá rozdílu 0,04 mm v příčném směru. Největším rozdílem v měřené vodorovné délce je 0,14 mm, což je hodnota z měření na trn GRT44, který byl osazen velkým odrazným hranolem s nižší přesností. Po vyřazení hodnot měřených na tento trn je maximálním rozdílem v délce hodnota menší než 0,01 mm.

4.6 Test č.6 - Excentricita trnů

V tomto testu je cílem určení excentricit trnů používaných na délkové základně Koštice. Jedná se o trny vlastní výroby VÚGTK. Další cílem tohoto experimentu je zjištění vzájemné polohy trnů. Pro umožnění měření bylo ze sady zkoumaných pomůcek nutné vybrat referenční trojnožku a centrovač, ale také odrazný hranol. Byla vybrána trojnožka č.5, centrovač č.1 a odrazný hranol č.1.

4.6.1 Postup

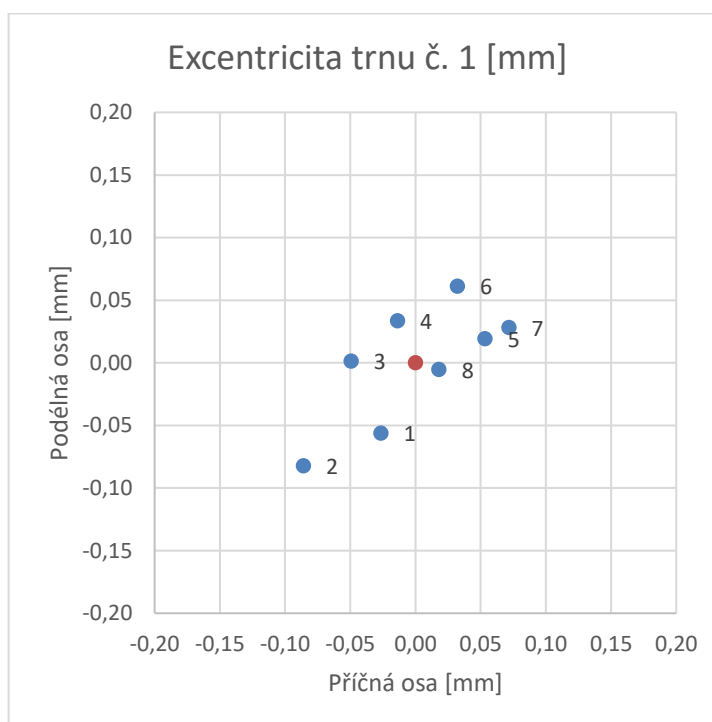
Našroubování a horizontace trojnožky č.5 bylo ponecháno z předchozího testu. Do trojnožky byl upnut centrovač č.1. Na každý z trnů byla tužkou nakreslena ryska, která poté sloužila k orientaci při natáčení trnu. Aby byl možný odraz dálkoměrného paprsku, byl na každý trn umístěn odrazný hranol č. 1. Do centrovače byl upevněn trn, kterým bylo otáčeno po 45°. V každé pozici bylo provedeno zaměření, přičemž na pozici č. 1 bylo provedeno opětovné kontrolní zaměření. Proces otáčení byl následně proveden i v opačném směru otáčení. Pro každý trn bylo získáno 18 měření. Trn se do adaptérů s optickou centrací vkládá a utahuje svěrným šroubem, tento šroub bylo potřeba před každým otočením povolit.

4.6.2 Zpracování

Nejprve byly všechny měřené délky opraveny o součtovou konstantu 34,4 mm. Poté byly zprůměrovány měřené hodnoty pro každou pozici. Každé pozici byly spočteny příčné a podélné souřadnice podle vzorce 1, kde referenčními hodnotami měření jsou průměrná délka a průměrný směr ze všech pozic trnu. Průměrná poloha každého trnu je tím umístěna do středu souřadnicové soustavy. Vykreslením spočtených souřadnic byly vyhotoveny bodové grafy excentricit trnů. Dále byly vypočteny souřadnice pro určení vzájemné polohy trnů. K tomu byly použity průměrné hodnoty ze všech pozic měření na daný trn. Výpočet proběhl opět podle vzorce 1 a jako hodnoty referenční byly použity hodnoty z měření na trn č.1. Z takto spočtených souřadnic byl opět vyhotoven bodový graf. Na závěr byl k výpočtu vzájemných souřadnic trnů přibrán ještě trn Leica GRT44 (použity průměrné hodnoty měření z testu č.5).

4.6.3 Vyhodnocení

O excentricitě trnů vypovídají souřadnice příčné a podélné složky vynesené do bodových grafů. U každého z trnů se ukazuje, že se hodnoty jeho excentricity pohybují různě vzdáleně od jeho průměrné excentricity (nejsou rozmístěny do útvaru blízkého kružnici jako tomu bylo např. v předchozím testu). To je pravděpodobně způsobeno nestabilitou při utahování trnu do adaptéru, která může být způsobena nedokonalostí vysoustružení trnu. Pro ukázkou je zde uveden bodový graf excentricit trnu č. 1 (obr. 4.12). Největší hodnoty excentricity vykazuje trn č.2, u kterého některé hodnoty příčné i podélné složky přesáhly 0,1 mm.

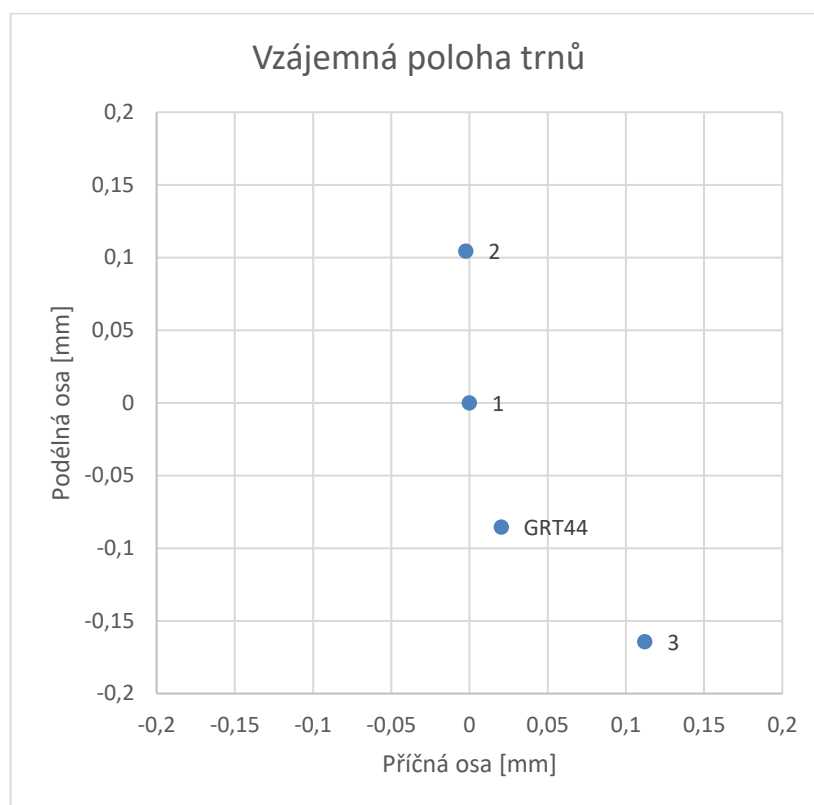


Obr. 4.12 – Excentricita trnu č. 1

O vzájemné poloze trnů informuje tabulka 11, jejíž data jsou vynesena do bodového grafu, viz obr. 4.13. K trnům zkoumaným v tomto testu je přidán ještě trn Leica GRT44, jehož zaměření bylo získáno v předešlém testu č. 5. Je ovšem nutno podotknout, že při porovnávání poloh trnů 1-3 vůči trnu GRT44 jsou trny 1-3 ovlivněny ještě nepřesnostmi centrovače č.1, jelikož trn GRT44 se upíná přímo do trojnožky. Vliv nepřesnosti trojnožky v tomto případě nehraje roli, neboť chyba kterou vnáší do měření je pro všechny zkoumané pomůcky stejná. Největšího rozdílu v poloze dosáhly trny 2 a 3, které jsou od sebe vzdáleny téměř 0,2 mm.

Tab. 11: Vzájemná poloha trnů

Trn č.	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
1	0	0
2	-0,00	0,10
3	0,11	-0,16
GRT44	0,02	-0,09



Obr. 4.13 – Vzájemná poloha trnů

Kontrolní zaměření první pozice otáčení bylo zhodnoceno rozdílem v měřených horizontálních směrech a vodorovných délkách, a to pro každý trn v obou směrech otáčení. V horizontálním směru bylo dosaženo maximálního rozdílu 0,58 mgon. Tato hodnota pro délku záměry 5,56 m odpovídá rozdílu 0,05 mm v příčném směru. Největší rozdíl vodorovných délek je 0,13 mm. Hodnota je způsobena měřením na velký hranol s nižší přesností, namísto měření na kulový RRR hranol.

4.7 Test č.7 - Porovnání závazných sad

Cílem tohoto testu je vzájemně polohově porovnat závazné sady měřických pomůcek, sestavené podle využití pomůcek na délkové základně Koštice. O tom, která pomůcka patří do jaké závazné sady informuje tabulka 3. Testování opět bylo provedeno na šroubu nucené centrace. Dílčím cílem tohoto experimentu je zjištění nepřesnosti způsobené opětovným upevnění odrazného hranolu na trn.

4.7.1 Postup

Před zahájením měření byla provedena inicializace laser trackeru. Na šroub nucené centrace byla vždy našroubována trojnožka dané závazné sady, do níž byl upnut příslušný adaptér, do něj příslušný trn a na závěr byl na trn upevněn odrazný hranol. Výjimkou byla sada č. 12, která obsahuje trn Leica GRT44, jež byl upevněn přímo do trojnožky své sady. Na každou ze závazných sad bylo provedeno celkem deset měření, kdy mezi zaměřením prvních pěti byl vždy sňat a opakovaně upevněn odrazný hranol na trn, následujících 5 zaměření bylo provedeno bez jakéhokoliv pohybu s příslušnou závaznou sadou.

4.7.2 Zpracování

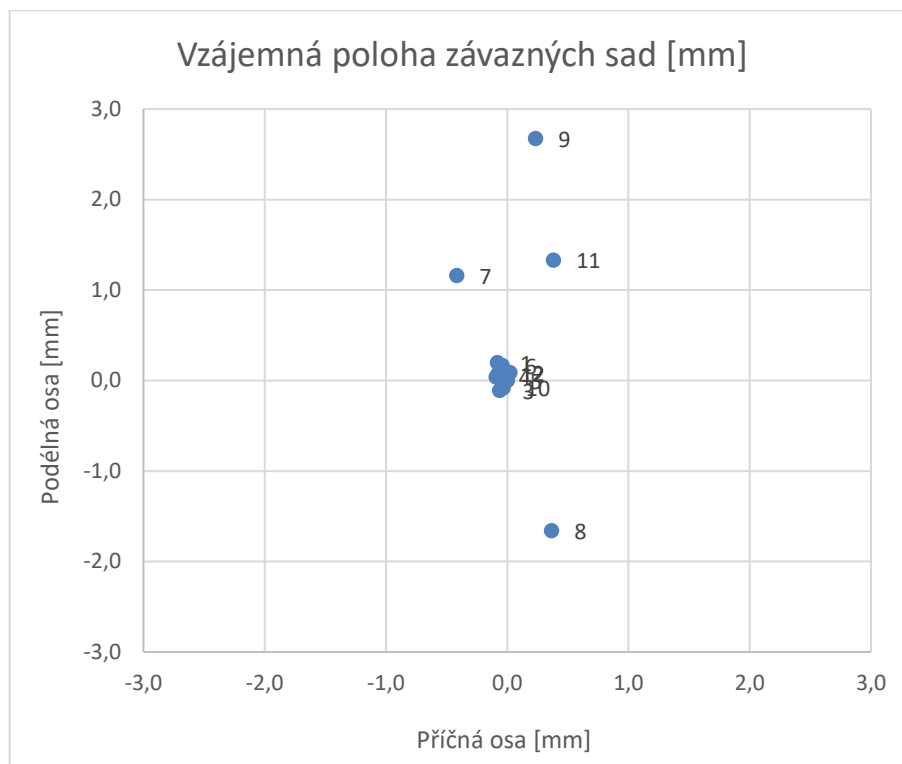
Měření pro každou ze sad byla rozdělena na části „s opětovným nasazováním“ a „bez nasazování“. I v tomto testu byl proveden výpočet souřadnic podle vzorce 1. Jako referenční měření pro vzorec 1, bylo použito měření na sadu č.5. Jedná se o sadu, jež obsahuje trojnožku i centrovač v této práci používané jako referenční. Protože cílem je určit vzájemnou polohu závazných sad z měření bez opětovného nasazování hranolu, byly jako referenční hodnoty použity hodnoty měření na závaznou sadu č.5, ovšem bez opětovného nasazování odrazného hranolu. Souřadnicová soustava je tím umístěna svým počátkem do referenční závazné sady 5. Dané referenční hodnoty byly použity i pro výpočet příčných a podélných souřadnic z měření s opětovným nasazováním hranolu. Pro určení vzájemné polohy závazných sad byly zprůměrovány souřadnice z měření bez opakovaného upínání hranolu na trn. Všechny průměrné souřadnice byly vyneseny do bodových grafů. Ze zjištěných souřadnic byly pro každou závaznou sadu spočteny výběrové směrodatné odchylky odděleně pro část „s nasazováním“ a „bez nasazování“.

4.7.3 Vyhodnocení

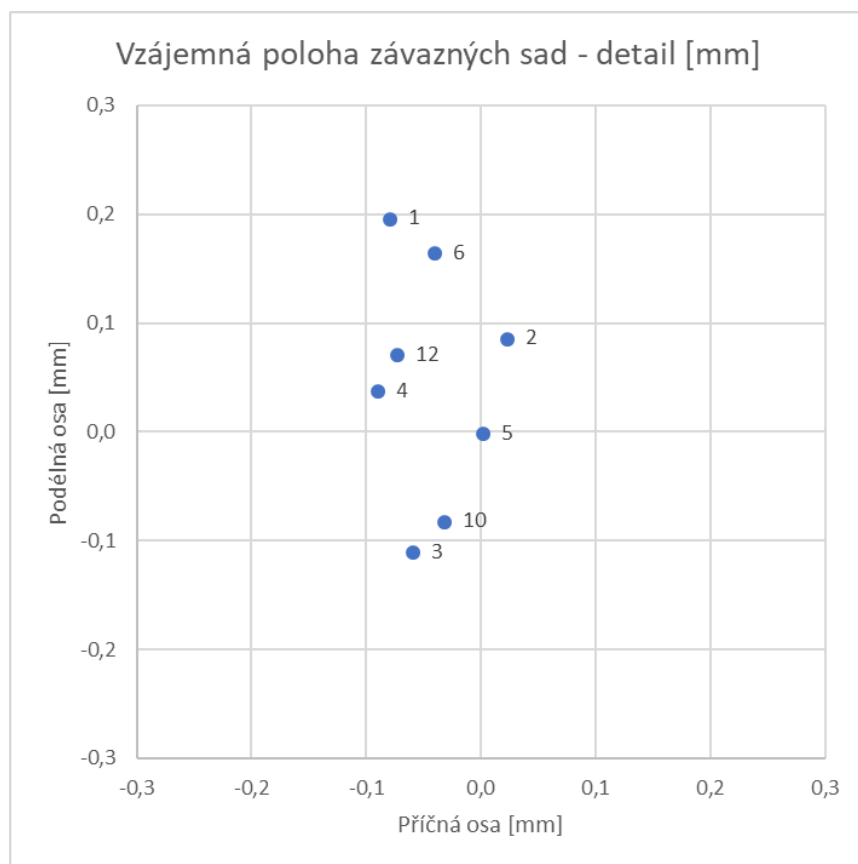
Vzájemná poloha závazných sad je učena souřadnicemi v příčné a podélné ose, kde středem souřadnicové soustavy je výsledná poloha závazné sady 5. Souřadnice jsou uvedeny v tabulce 12 a vyneseny do bodového grafu (viz obr. 4.14). Největší rozdíl vzájemné polohy byl zjištěn mezi závaznými sadami 8 a 9, vzdálenost mezi těmito sadami dosáhla hodnoty 4,33 mm, což je hodnota, která za předpokladu stability bodu a případné záměně těchto dvou sad velmi nepříznivě ovlivní výslednou přesnost měření. Výraznou odlehlost lze pozorovat u sad 7, 8, 9 a 11. Pro zbylé sady je vyhotoven ještě jeden, detailnější bodový graf (obr. 4.15). Na výsledné poloze každé sady se svým dílem podílí každá z pomůcek utvářející danou sadu. Lze předpokládat, že nejpřesnějšími závaznými sadami jsou sady nahromaděné kolem středu místní souřadnicové soustavy (tedy sady uvedené v detailním bodovém grafu, viz obr. 4.15). Fakt, že daná závazná sada svou polohou v rámci tohoto experimentu vyšla blízko ostatním sadám a lze ji považovat za spolehlivou neznámá, že pomůcky z kterých je složena jsou naprosto spolehlivé, je možné, že danou konfigurací pomůcek došlo k vzájemnému odečtení jednotlivých excentricit. Stejně tak je možné, že u některé ze sad působily excentricity pomůcek ve stejném směru a tím pádem došlo k výsledku, který vypovídá o nevhodnosti použití této sady.

Tab. 12: Vzájemná poloha závazných sad

Sada	Trojnožka	Centrovač	Trn	Hranol	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
1	1	1	1	1	-0,08	0,20
2	2	1	1	1	0,02	0,09
3	3	1	1	1	-0,06	-0,11
4	4	1	1	1	-0,09	0,04
5	5	1	1	1	0,00	0,00
6	6	2	2	4	-0,04	0,17
7	7	2	2	4	-0,42	1,16
8	8	3	3	3	0,37	-1,66
9	9	3	3	3	0,23	2,67
10	10	3	3	3	-0,03	-0,08
11	11	3	3	3	0,38	1,33
12	12	GRT44		2	-0,07	0,07



Obr. 4.14 – Vzájemná poloha závazných sad



Obr. 4.15 – Vzájemná poloha závazných sad - detail

Chyba způsobená opakovaným upevněním hranolu na trn je charakterizována výběrovou směrodatnou odchylkou. Zjištěné výběrové směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulce 13, jsou zde uvedeny i výběrové směrodatné odchylky spočtené ze souřadnic „bez opakování“, díky čemuž se lze přesvědčit o stabilitě cílové sestavy i použití laser trackeru jako referenčního přístroje. Na přesnost upevnění hranolu na trn má vliv přesnost vysoustružení trnu i spolehlivost upínacího mechanismu konstrukce odrazného hranolu. Lze prohlásit, že upnutí hranolu na trn je nespolehlivé u sady č. 8 (tedy kombinace trn č.3 + odrazný hranol č. 3), dále není příliš vhodné pro přesné práce upnutí odrazného hranolu na trn u sady 7 (trn č.2 + hranol č. 4). Sada 9 obsahuje stejně jako sada 8 trn č.3 + odrazný hranol č. 3, dosáhla ovšem lepších výsledků výběrové směrodatné odchylky. To je způsobeno výběrem, ze kterého je odchylka počítána, jenž je pouze pětičlenný a během pěti upnutí nemusí nutně dojít k pochybení upínacího mechanismu hranolu. Lze tedy například pozorovat, že u sady č.10, která zahrnuje stejný trn i hranol jako sada č.8, je výsledná výběrová směrodatná odchylka poměrně příznivá, ovšem na základě měření na příslušnou kombinaci trnu a hranolu v jiných sadách nelze tuto kombinaci označit za spolehlivou. Na základě zjištěných dat lze považovat za spolehlivou kombinaci trn č.1 a odrazný hranol č.1. Dále nelze vyloučit spolehlivost upnutí odrazného hranolu č.4 na trn GRT44.

Tab. 13: Opakované upevnění hranolu na trn

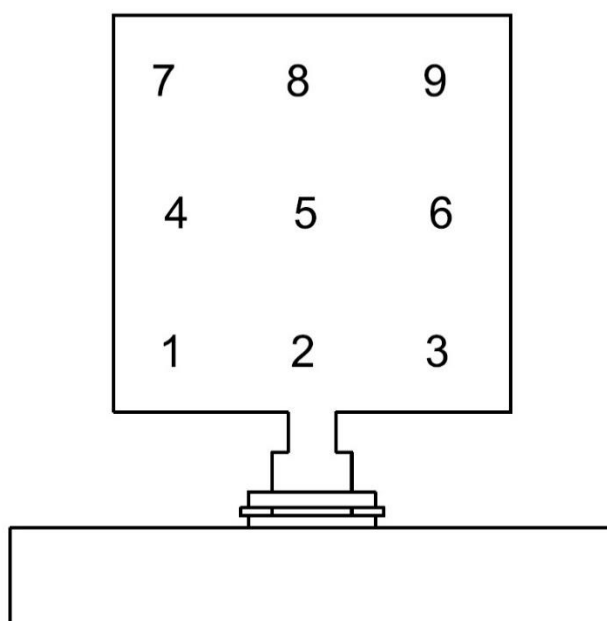
sada	bez nasazování		s nasazováním	
	výb. s. o. příč. sl. [mm]	výb. s. o. pod. sl. [mm]	výb. s. o. příč. sl. [mm]	výb. s. o. pod. sl. [mm]
1	0,00	0,00	0,02	0,02
2	0,00	0,00	0,04	0,02
3	0,00	0,00	0,05	0,03
4	0,00	0,00	0,02	0,01
5	0,00	0,00	0,02	0,03
6	0,00	0,00	0,03	0,05
7	0,00	0,00	0,12	0,44
8	0,00	0,00	0,15	1,02
9	0,00	0,00	0,09	0,36
10	0,00	0,00	0,04	0,03
11	0,00	0,00	0,03	0,04
12	0,00	0,00	0,01	0,01

4.8 Test č.8 - Rovinnost desek

V rámci tohoto experimentu byla zkoumána vhodnost použití dvou desek uzpůsobených k upnutí do centrovače. Tyto desky jsou pracovníky VÚGTK používány ke kalibraci bezhranolových dálkoměrů (bezhranolového módu měření délek totálních stanic). Pro měření bylo potřeba použití trojnožky a centrovače k upevnění desky, byly vybrány referenční pomůcky: trojnožka č.5 a centrovač č.1.

4.8.1 Postup

Před zahájením měření byla provedena inicializace laser trackeru. Trojnožka č.5 byla našroubována na nucenou centraci a zhorizontována. Do trojnožky byl upnut centrovač č.1 a do něj zkoumaná deska, ta byla natočena odhadem co nejvíce kolmo na záměrnou přímkou laser trackeru. Na obou deskách bylo zvoleno 9 bodů rozmístěných dle obr. 4.16. V programu ATControl bylo nastaveno dvojí měření a registrace bodů. Měření bylo realizováno za spolupráce Ing. Filipa Dvořáčka, Ph.D., jelikož při tomto experimentu bylo potřeba jednoho měřiče, který přiložil kulový RRR hranol k desce a jednoho, který obsluhoval ovládací software. Na každou z pozic na desce bylo provedeno zaměření. V průběhu měření se ukázalo, že standardní mód měření není vhodný, jelikož je hranol držen pouze v ruce a při dvojím čtení software odmítá registrovat měřená data. Byl tedy nastaven mód měření „Fast“, ten se ukázal rovněž jako nevyhovující ze stejného důvodu. Nakonec byl tedy použit mód „Outdoor“.



Obr. 4.16 – Značení pozic na desce

4.8.2 Zpracování

Jelikož bylo na každou pozici provedeno dvojí měření, bylo nejprve potřeba měření na každou pozici zprůměrovat. Následně byl proveden výpočet souřadnic. Souřadnice X a Y byly spočteny za použití vzorce 1, kde referenčními hodnotami jsou pro obě z desek hodnoty naměřené na příslušnou pozici č.2, čímž je střed souřadnicové soustavy polohově umístěn do pozice č.2. Pro vyhodnocení rovinnosti desek je ovšem potřeba vypočítat i souřadnici výškovou. To bylo provedeno výpočtem převýšení mezi horizontem laser trackeru a každou pozicí (vzorec 3). Poté bylo od všech spočtených převýšení odečteno převýšení na pozici č.2, čímž byla pozice č.2 umístěna do středu souřadnicové soustavy i výškově.

$$h = d_s \cos(z)$$

(vzorec 3)

kde d_s ... šikmá délka
 z ... zenitový úhel

Bylo tedy určeno 9 bodů na každé desce prostorovými souřadnicemi. K vyhodnocení rovinnosti desky je třeba definovat rovinu, ta byla určena pomocí dvou vektorů. První z vektorů \vec{v}_1 vystihuje natočení desky a jedná se o vektor z pozice č.1 na pozici č.3. Druhý vektor \vec{v}_2 definuje svislý směr, který je dán, tento vektor má tedy tvar (0,0,1). Rovina je zde popsána obecnou rovnicí roviny (vzorec 4).

$$ax + by + cz + d = 0$$

(vzorec 4)

kde a, b, c, d ... členy obecné rovnice roviny,
 x, y, z ... souřadnice bodů roviny

Pro určení členů obecné rovnice roviny je potřeba určit normálový vektor, který se spočte vektorovým součinem vektorů \vec{v}_1 a \vec{v}_2 . Je známo, že normálový vektor, takto spočtený, je vektorem kolmým k oběma vektorům směřovým, tedy při znalosti souřadnic vektoru \vec{v}_2 lze již před výpočtem vektorového součinu konstatovat, že souřadnice z_n normálového vektoru je 0. Souřadnice normálového vektoru jsou vlastně členy obecné rovnice roviny, člen c je tedy roven 0. Pro získání hodnoty posledního členu rovnice (člen d) byly dosazeny již známé hodnoty členů a souřadnice bodu, kterým má rovina procházet (tj. pozice 2, u které je předpokládána největší přesnost vzhledem k tomu, že se

jedná o místo nejbližší k upnutí). Protože se souřadnice pozice č.2 jsou nulové, člen d rovněž vyjde roven nule.

Následně byl proveden výpočet odlehlostí jednotlivých pozic od roviny. To bylo provedeno podle vzorce 5 [14].

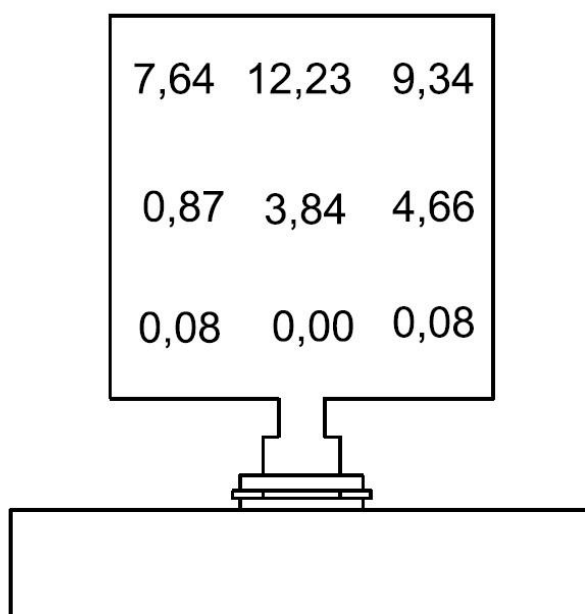
$$v = \frac{ax + by + cz + d}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}$$

(vzorec 5)

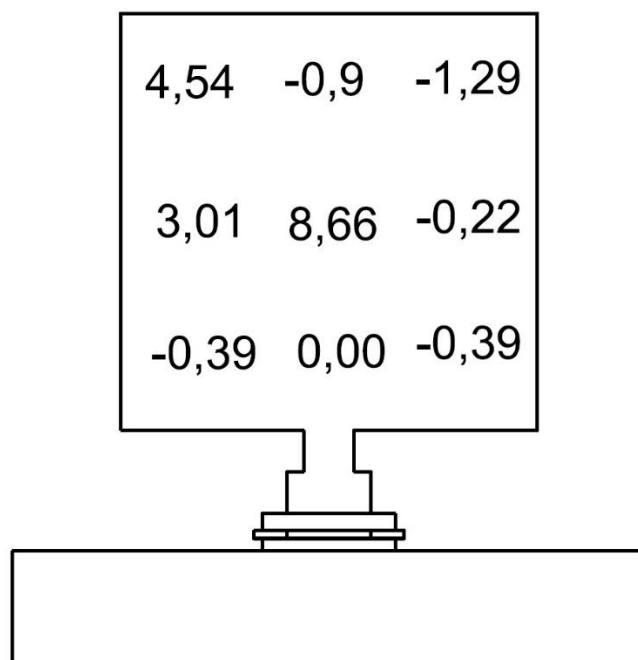
kde a, b, c, d ... členy obecné rovnice roviny,
 x, y, z ... souřadnice bodu, jehož odlehlost je zjišťována

4.8.3 Vyhodnocení

Výsledná rovinnost desky je vyhodnocena určením odlehlostí od roviny na jednotlivých pozicích. Rovina desky prochází pozicí č.2 a je definována dvěma směry, jedním z nich je směr svislý a druhým směr natočení desky, tedy směr mezi pozicemi č.1 a č.3. Pro názornost jsou výsledné odlehlosti uvedeny pro desku č.1 v obrázku 4.17 a pro desku č. 2 v obrázku 4.18, v těchto obrázcích je odlehlost zapsána na své pozici na desce, hodnoty jsou uvedeny v mm. V případě záporného znaménka je deska v daném místě prohnuta směrem od laser trackeru a naopak.



Obr. 4.17 – Odlehlosti od roviny – deska č.1



Obr. 4.18 – Odlehlosti od roviny – deska č.2

Výsledné hodnoty odlehlosti desky od roviny rozhodně nejsou zanedbatelné ani pro jednu ze zkoumaných desek, na desce č.1 na pozici č.8 byla dokonce překročena hranice centimetru. V praxi je při cílení na desku potřeba horizontálně cílit na střed, vzhledem k deformaci desky, ale i kvůli faktu, že desku nelze odhadem natočit přesně kolmo na záměrnou přímkou měřického přístroje. Cílení vertikálního směru je na desce potřeba zase realizovat co nejnižší, tedy co nejbližší upevnění do adaptéru, kde lze předpokládat nejvyšší přesnost měření.

4.9 Test č.9 - Opakovaná horizontace

Test č.9 je testem doplňkovým, nebyla v něm totiž určována přímo přesnost nějaké pomůcky nebo kombinace pomůcek. Na příkladu kombinace referenčních pomůcek – trojnožky č.5 a centrovače č.1 je testem určeno, jaká polohová chyba se do měření zanesle opakovanou horizontací při stálosti našroubování trojnožky i upnutí centrovače.

4.9.1 Postup

Laser tracker byl zinicizován. Na šroub nucené centrace byla umístěna trojnožka č. 5, do které byl upnut adaptér s optickou centrací č.1. Tato sestava byla zhorizontována pomocí trubicové libely na adaptéru. Na vrch adaptéru byl posazen kulový RRR hranol. V programu ATControl bylo z předchozího testu ponecháno nastavení dvojího měření, ovšem mód měření byl vrácen na „standard“. Bylo provedeno 15 zaměření na zvolenou sestavu. Po každém zaměření byla náhodným otáčením aspoň dvou stavěcích šroubů trojnožky porušena její horizontace a ta byla následně provedena znovu. Běžným postupem horizontace podle trubicové libely je urovnání libely v jednom směru pomocí dvou stavěcích šroubů a poté ve směru kolmém pomocí stavěcího šroubu třetího. Při realizaci tohoto experimentu bylo pořadí použití stavěcích šroubů při jednotlivých horizontacích střídáno.

4.9.2 Zpracování

Všechna dvojí měření byla zprůměrována. Následně byl proveden výpočet polohových souřadnic pro každé z patnácti měření. Výpočet souřadnic byl proveden podle vzorce 1, ovšem v tomto testu není potřeba souřadnicový systém vztahovat k jakémukoliv referenčnímu bodu. Do goniometrických funkcí výpočtu souřadnic tedy byla dosazena přímo hodnota měřeného směru a od souřadnice X nebyla odečítána žádná referenční délka (tzn. souřadnicový systém zde má svůj počátek v bodu laser trackeru a kladná osa x je jeho nulovým čtením na horizontálním kruhu, osa y je kolmá k ose x). Ze všech souřadnic X i Y byly spočteny výběrové směrodatné odchylky podle vzorce 2, dále byly vybrány největší a nejmenší hodnoty souřadnic, mezi nimiž byl následně spočten rozdíl.

4.9.3 Vyhodnocení

Chyba způsobená opětovnou horizontací byla popsána pomocí výběrových směrodatných odchylek souřadnic. Pro lepší představu o chybě, kterou do měření opětovná horizontace vnese, byl spočten rozdíl maximální a minimálně souřadnice, viz tabulka 14. Výsledek tohoto experimentu je ovlivněn zručností měřiče a přesností trubicové libely, v tomto případě bylo dosaženo maximálního rozdílu v ose x 0,25 mm a v ose y 0,08 mm.

Tab. 14: Opakovaná horizontace

	Y [m]	X [m]
	3,22711	4,53227
	3,22703	4,53250
	3,22704	4,53252
	3,22709	4,53232
	3,22709	4,53232
	3,22708	4,53232
	3,22709	4,53233
	3,22710	4,53233
	3,22709	4,53233
	3,22706	4,53233
	3,22708	4,53231
	3,22708	4,53231
	3,22707	4,53232
	3,22708	4,53232
	3,22708	4,53232
výb. sm. o. [mm]	0,02	0,07
max [m]	3,22711	4,53252
min [m]	3,22703	4,53227
rozdíl [mm]	0,08	0,25

5 Závěr

Cílem diplomové práce bylo určení excentricit a opakovatelnosti upnutí, popř. našroubování geodetických pomůcek, využívaných Výzkumným ústavem geodetickým, topografickým a kartografickým na státním etalonu velkých délek Košnice. Těmito pomůckami jsou trojnožky, adaptéry s optickou centrací, trny a odrazné hranoly. Dále byly z těchto pomůcek složeny závazné sady podle toho, jak jsou využívány při měření na délkové základně a byla určena jejich vzájemná poloha. Na koštické délkové základně se rovněž používají dvě měřické desky, které bylo také potřeba otestovat, to bylo provedeno zhodnocením jejich rovinnosti. Soubor testů je doplněn testem opakované horizontace.

Velikost excentricit byla zjišťována pro trojnožky, centrovače a trny, a to v rámci testů č.1, č.5 a č.6. Excentricita trojnožek byla určena vůči absolutní poloze šroubu nucené centrace, excentricita centrovačů a trnů byla určena vůči pomůcce, která byla vybrána jako referenční, tento způsob byl nezbytný, jelikož přímo do trojnožky nelze umístit kulový RRR hranol pro zjištění absolutní polohy a centrovač je nutné pro měření do trojnožky upnout. Co se týče excentricity, lze za nejspolehlivější trojnožky považovat trojnožky č.4 a č.9 (excentricita v příčném ani podélném směru u těchto dvou nedosahuje hranice 0,05 mm), naopak trojnožkou, jejíž použití je v inženýrské geodézii velmi nevhodné, je trojnožka č.11 (excentricita je v příčném směru 0,26 mm a v podélném 0,31mm), k přesnějším pracím by dále bylo vhodné nevyužívat trojnožky č.6, č.2 a č.8. Testovaná sada obsahuje pouze tři adaptéry s optickou centrací, svou polohou jsou si blízké centrovače č.2 a č.3, centrovač č.1 je již více odlehlý, tzn. od centrovače č.2 v příčném směru 0,17 mm a v podélném směru 0,23 mm a od centrovače č.3 v příčném směru 0,15 mm a v podélném směru 0,18 mm. Na základě výsledků nelze prohlásit, že přesnějšími centrovači jsou č.2 a č.3, mohlo totiž dojít k podobnému působení excentricity na těchto dvou centrovačích. Poloha trnu GRT44 ve svém příčném směru také vyhovuje více dvojici centrovačů č.2 a č.3, souřadnice trnu GRT44 v podélném směru je zakreslena menší přesností při měření délky na velký odrazný hranol č.1 Poloha trojnožek i centrovačů byla spočtena i z testů primárně určených na opakovatelnost upnutí a našroubování, při porovnání bodových grafů, které zobrazují vzájemnou polohu lze pozorovat odlišnosti, ty jsou způsobeny různým směrem působení excentricity. Přesné zhodnocení vzájemné polohy trojnožek poskytuje test č.1, centrovačů poté test č.5. Excentricita byla určena i pro trny, největšího rozdílu v poloze dosáhly trny 2 a 3, které jsou od sebe vzdáleny téměř

0,2 mm, do porovnání vzájemných poloh byl zahrnut i trn GRT44, oproti výsledným polohám ostatních trnů ovšem není ovlivněn nepřesností referenčního centrovače č.1, kam byly trny č.1, č.2 a č.3 upínány. U každého z trnů se ukazuje, že se hodnoty jeho excentricity pohybují různě vzdáleně od jeho průměrné excentricity, nejsou rozmístěny do útvaru blízkého kružnici, jak tomu bylo u trojnožek a centrovačů. To bylo pravděpodobně způsobeno nestabilitou při utahování trnu do adaptéru, ta může být způsobena nedokonalým vysoustružením trnu.

Vlivem opakovaného našroubování byla zjištěna největší výběrová směrodatná v souřadnicích pro trojnožku č.11 (0,06 mm v příčném a 0,04 mm v podélném směru), dalšími méně přesnými trojnožkami v tomto ohledu jsou trojnožky č.10 a č.2. Zbylé trojnožky jsou charakterizovány hodnotami výběrových směrodatných odchylek souřadnic do 2 setin mm. Stejně tak jsou všechny hodnoty výběrových směrodatných odchylek souřadnic do 2 setin mm u testu, který zkoumá vliv trojnožky na opakovatelnost upnutí centrovače. Výjimkou je trojnožka č.4, kde bylo dosaženo odchylky 0,06 mm v příčném a 0,09 mm v podélném směru, to je zřejmě způsobeno nedokonalostí upínacího mechanismu trojnožky. Trojnožka č.5 disponuje výběrovou směrodatnou odchylkou 0,01 mm v obou směrech a bylo ji tedy možno použít jako referenční pro testování vlivu centrovače (trnu) na upnutí. Všechny adaptéry s optickou centrací i trn Leica GRT44 prokázaly, že na přesnost upnutí mají minimální vliv, u všech 4 pomůcek výběrová směrodatná odchylka souřadnic nepřekročila hranici setiny mm. Zajímavé je srovnání s hodnotami výběrové směrodatné odchylky, způsobené opakovanou horizontací, ty jsou 0,02 mm v příčném a 0,07 mm v podélném směru, v praxi to znamená např. to, že v průběhu měření nelze měřický přístroj dorovnávat.

Závazné sady byly složeny podle tabulky č.3 a byla zjišťována jejich vzájemná poloha. Největší rozdíl vzájemné polohy byl zjištěn mezi závaznými sadami 8 a 9, vzdálenost mezi těmito sadami dosáhla hodnoty 4,33 mm, což je hodnota, která při záměně sad velmi nepříznivě ovlivní přesnost výsledku. Na výsledné poloze sady se svou excentricitou podílí každá z použitých pomůcek.

Hodnoty odlehlosti desek od roviny ve zvolených pozicích jsou prezentovány v obrázcích 4.17 a 4.18. Za vhodnější k použití lze označit desku č.2, u desky č.1 byla u jedné z pozic zjištěna hodnota odlehlosti od roviny přesahující 12 mm. U obou desek se

však vyskytují hodnoty odlehlosti, které rozhodně nejsou vhodné k použití pro měření v inženýrské geodézii. V praxi je nutno pro minimalizaci chyby z odlehlosti cílit výškově dolů a směrově na střed desky (toto místo je nejbližší upnutí do adaptéru a je tedy nejpresnější).

V rámci diplomové práce Ing. Císařové byly zkoumány excentricity trojnožek z jiné sady měřického vybavení, v této práci byla zjištěna maximální hodnota excentricity trojnožky 0,52 mm, této hodnoty nedosahuje ani nejméně přesná trojnožka č.11 z vybavení VÚGTK. V rámci této diplomové práce bylo dosaženo maximálního rozdílu v poloze dvou závazných sad 4,3 mm, v diplomové práci Ing. Císařové je tento rozdíl 2,3 mm. [2]

Diplomová práce Ing. Sobolové posuzuje přesnost trnů a odrazných hranolů. Nejsou zde zkoumány adaptéry a trny zvlášť, v použitém měřickém vybavení se nachází pouze trny, které se upínají přímo do trojnožky a na které se rovnou připevní odrazný hranol, excentricity těchto trnů nepřesahují hodnotu 0,1 mm s jednou výjimkou, kde excentricita nabývá hodnoty 0,2 mm. Při testování měřického vybavení VÚGTK bylo dosaženo srovnatelných hodnot, adaptéry č.2 a č.3 se vzájemnou polohou neliší o více než 0,1 mm, ovšem výraznější odlehlosti dosáhl adaptér č. 1, který je od adaptéru č.2 vzdálen téměř 0,3 mm. Trn GRT44 se od adaptérů č.2 a č.3 v příčném směru liší pouze v setinách mm, v podélném směru je odlehlost způsobena nepřesností velkého odrazného hranolu. Trny vlastní výroby VÚGTK také dosáhly srovnatelných hodnot, nejvíce vzdáleny jsou průměrné excentricity trnů č. 2 a č. 3, vzdálenost mezi těmito body dosáhla téměř hodnoty 0,3 mm. Při kombinaci adaptéru a trnu je do měření zavedena excentricita dvou pomůcek, pro přesnost kompletní sady je tedy vhodnější užití jednolitého trnu. V rámci diplomové práce Ing. Sobolové bylo zjištěno že při měření na různé odrazné hranoly se může vzdálenost lišit až o 1,0 mm, tento fakt lze potvrdit na základě srovnání měřených délek na kulový RRR hranol a na velký odrazný hranol v rámci testu č.5.[3]

Znalost excentricit je v praxi vhodná především pro měření menších sítí, s rostoucí délkou záměry se totiž její vliv zmenšuje. Díky znalosti excentricit lze mnohem efektivněji plánovat metody měření a postup měřických prací. Zároveň je při přesných pracích nutno využívat konstantního rozmístění měřických souprav. Pokud se při opakovaných měřeních na stejný bod umístí jiná měřická souprava, s jinou excentricitou, je do měření zanášena nežádoucí chyba. V případě možnosti obnovy zkoumaného měřického vybavení by bylo

vhodné vyměnit trojnožku č.11. Dále je potřeba věnovat pozornost adaptéru s optickou centrací č.1, který je od ostatních výrazně odlehlý. Pokud je to možné, bylo by v praktickém použití vhodné vyhnout se používání závazných sad č.7, č.8, č.9 a č.11, popř. tyto sady využít pouze jako stabilní bod, s kterým po celou dobu měření nebude jakkoliv otáčeno. Obě desky, sloužící ke kalibraci bezhranolových dálkoměrů by bylo taktéž vhodné vyměnit, případně opravit.

Všechny výpočty a grafy byly vyhotoveny v programu Microsoft Excel, náčrt desky a schéma měřených veličin k vzorci 1 byly připraveny v programu Microstation V8i. Veškeré náležitosti k testům – podrobné tabulky a grafy jsou uvedeny v přílohách práce.

SEZNAM ZDROJŮ

- [1] VÚGTK: Státní etalon délky 25 až 1450m ev. č. ECM 110-13/08-041 [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/odd25/kostice/>
- [2] Císařová, L.: Experimentální testování soustřednosti geodetického příslušenství. Diplomová práce, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Praha, 2016.
- [3] Sobolová, K.: Určování excentricit hranolových sestav. Diplomová práce, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Praha, 2016.
- [4] Křemen, T. Měření úhlů [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: http://k154.fsv.cvut.cz/~kremen/Pred_6_GUI.pdf
- [5] ORNTH: Adaptér s optickou centraciou SOKKIA AP41 [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://geodet.ornth.sk/adapter-s-optickou-centraciou-sokkia-ap41.html>
- [6] GEOTECH: Pomôcky na centráciu a adaptory [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <http://www.geotech.sk/OLD/p2.htm>
- [7] VÚGTK: Odrazný hranol [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: https://www.vugtk.cz/slovník/5103_odrazny-hranol
- [8] VÚGTK: Základní informace o akreditované kalibrační laboratoři a autorizovaném metrologickém středisku [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://kalibrace.vugtk.cz/>
- [9] GEOTECH: Leica Absolute Tracker AT401: ASME B89.4.19-2006 Specifications [online]. 2010 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: http://www.geotech.sk/downloads/Totalne-stanice/AT401/AT401_ASME_specifikacie_presnosti_en.pdf
- [10] Hexagon Metrology: Leica Red-Ring Reflector (RRR) 1.5" ball with hardened steel surface [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://store.hexagonmetrology.us/red-ring-reflector-rrr-1-5-ball-with-hardened-steel-surface>

[11] TCT: Hexagon Metrology releases Leica Absolute Tracker AT401 Version 2.0 [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.tctmagazine.com/metrology-3d-scanning-imagine-inspection-news/hexagon-metrology-releases-leica-absolute-tracker-at401-version-2.0/>

[12] Dvořáček, F.: Kalibrace terénních délkových základů Košice a Hvězda pomocí laserového trackeru Leica AT401. Geodetický a kartografický obzor, 2016, roč. 62 (104) č.8. ISSN 1805-7446.

[13] Hampacher, M. - Štroner, M.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii. 2. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, ČVUT v Praze, 2015. 336 s. ISBN 978-80-01-05843-5.

[14] Rektorys, K.: Přehled užití matematiky. SNTL-Nakladatelství technické literatury, 3., nezměn. vyd. Praha: 1973

SEZNAM VZORCŮ

Vzorec 1 – Výpočet polohových souřadnic	27
Vzorec 2 – Výběrová směrodatná odchylka	33
Vzorec 3 – Výpočet převýšení	51
Vzorec 4 – Obecná rovnice roviny	51
Vzorec 5 – Odlehlost bodu od roviny	52

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Trojnožky používané na délkové základně Koštice	12
Tabulka 2 – Identifikace odrazných hranolů	16
Tabulka 3 – Závazné sady	18
Tabulka 4 – Identifikace laser trackeru a příslušenství	21
Tabulka 5 – Průměrná excentricita jednotlivých trojnožek	28
Tabulka 6 – Excentricita trojnožky č.5	30
Tabulka 7 – Opakované našroubování trojnožek	33
Tabulka 8 – Opakované upnutí centrovače do trojnožek	36
Tabulka 9 – Opakované upínání centrovačů do trojnožky	38
Tabulka 10 – Vzájemná poloha centrovačů	41
Tabulka 11 – Vzájemná poloha trnů	45
Tabulka 12 – Vzájemná poloha závazných sad	47
Tabulka 13 – Opakované upevnění hranolu na trn	49
Tabulka 14 – Opakovaná horizontace	55

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1 – Trojnožka Sokkia, typ 887-1101Z	12
Obrázek 2.2 – Trojnožka Leica, typ GDF321	13
Obrázek 2.3 – Adaptér s optickou centrací Sokkia, typ AT41	14
Obrázek 2.4 – Trny výroby VÚGTK	15
Obrázek 2.5 – Trn Leica GRT44	15
Obrázek 2.6 – Odrazný hranol Leica	17
Obrázek 2.7 – Odrazný hranol Wild	17
Obrázek 2.8 – Deska při měření	19
Obrázek 3.1 – Laboratoř VÚGTK	20
Obrázek 3.2 – Leica, AT401	22
Obrázek 3.3 – Leica, RRR 1.5in	22
Obrázek 3.4 – Grafické prostředí aplikace ATControl	23
Obrázek 4.1 – Nucená centrace v laboratoři VÚGTK	24
Obrázek 4.2 – Centrační jednoosý posuv	26
Obrázek 4.3 – Schématický náčrt měřených veličin	27
Obrázek 4.4 – Průměrná excentricita jednotlivých trojnožek	29
Obrázek 4.5 – Excentricita trojnožky č.5	30
Obrázek 4.6 – Sestava pro cílení	32
Obrázek 4.7 – Vzájemná poloha trojnožek – opakované našroubování	34
Obrázek 4.8 – Vzájemná poloha trojnožek – opakované upnutí centrovače	36
Obrázek 4.9 – Vzájemná poloha centrovačů – opakované upínání	38
Obrázek 4.10 – Excentricita centrovače č.1	40
Obrázek 4.11 – Vzájemná poloha centrovačů	41
Obrázek 4.12 – Excentricita trnu č.1	44
Obrázek 4.13 – Vzájemná poloha trnů	45
Obrázek 4.14 – Vzájemná poloha závazných sad	48
Obrázek 4.15 – Vzájemná poloha závazných sad - detail	48
Obrázek 4.16 – Značení pozic na desce	50
Obrázek 4.17 – Odlehlosti od roviny – deska č.1	52
Obrázek 4.18 – Odlehlosti od roviny – deska č.2	53

SEZNAM PŘÍLOH

Přílohy k testu č.1	66
Přílohy k testu č.2	76
Přílohy k testu č.3	83
Přílohy k testu č.4	90
Přílohy k testu č.5	93
Přílohy k testu č.6	97
Přílohy k testu č.7	100
Přílohy k testu č.8	108
Přílohy k testu č.9	109
Zápisníky z měření	DVD
Výpočetní soubor vypocet.xlsx	DVD

Přílohy k testu č.1 – Absolutní poloha trojnožky vůči šroubu

trojnožka 1	Hz	vod. Délka	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
poloha 1	268,12107	5,56146	0,00261	0,23	0,00
poloha 2	268,12013	5,56143	0,00167	0,15	-0,03
poloha 3	268,11989	5,56149	0,00143	0,13	0,03
poloha 4	268,12053	5,56155	0,00208	0,18	0,09
průměr				0,17	0,02

trojnožka 2	Hz	vod. Délka	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
poloha 1	268,12080	5,56139	0,00234	0,20	-0,07
poloha 2	268,12130	5,56132	0,00284	0,25	-0,14
poloha 3	268,12022	5,56128	0,00177	0,15	-0,18
poloha 4	/	/	/	/	/
průměr				0,18	-0,13

trojnožka 3	Hz	vod. Délka	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
poloha 1	268,11709	5,56152	-0,00137	-0,12	0,06
poloha 2	268,11763	5,56144	-0,00082	-0,07	-0,02
poloha 3	268,11675	5,56140	-0,00171	-0,15	-0,06
poloha 4	268,11634	5,56147	-0,00212	-0,19	0,01
průměr				-0,13	0,00

trojnožka 4	Hz	vod. Délka	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
poloha 1	268,11885	5,56149	0,00039	0,03	0,03
poloha 2	268,11924	5,56142	0,00079	0,07	-0,04
poloha 3	268,11831	5,56137	-0,00015	-0,01	-0,09
poloha 4	268,11791	5,56146	-0,00054	-0,05	-0,01
průměr				0,01	-0,03

trojnožka 5	Hz	vod. Délka	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
poloha 1	268,11967	5,56160	0,00122	0,11	0,14
poloha 2	268,12020	5,56154	0,00174	0,15	0,08
poloha 3	268,11928	5,56150	0,00082	0,07	0,04
poloha 4	268,11891	5,56158	0,00046	0,04	0,12
průměr				0,09	0,10

trojnožka 6	Hz	vod. Délka	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
poloha 1	268,12026	5,56182	0,00180	0,16	0,36
poloha 2	268,12064	5,56174	0,00219	0,19	0,28
poloha 3	268,11978	5,56170	0,00132	0,12	0,24
poloha 4	268,11946	5,56177	0,00100	0,09	0,31
průměr				0,14	0,30

trojnožka 7	Hz	vod. Délka	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
poloha 1	268,12155	5,56164	0,00309	0,27	0,18
poloha 2	268,12203	5,56156	0,00357	0,31	0,10
poloha 3	268,12096	5,56152	0,00250	0,22	0,06
poloha 4	268,12043	5,56159	0,00198	0,17	0,13
průměr				0,24	0,12

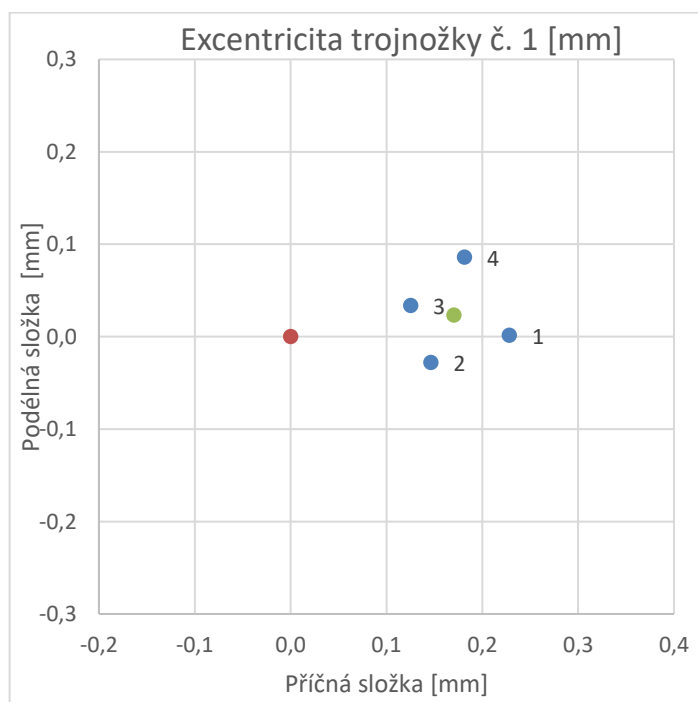
trojnožka 8	Hz	vod. Délka	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
poloha 1	268,12108	5,56142	0,00263	0,23	-0,04
poloha 2	268,12174	5,56133	0,00329	0,29	-0,13
poloha 3	268,12079	5,56130	0,00233	0,20	-0,16
poloha 4	268,12033	5,56137	0,00188	0,16	-0,09
průměr				0,22	-0,11

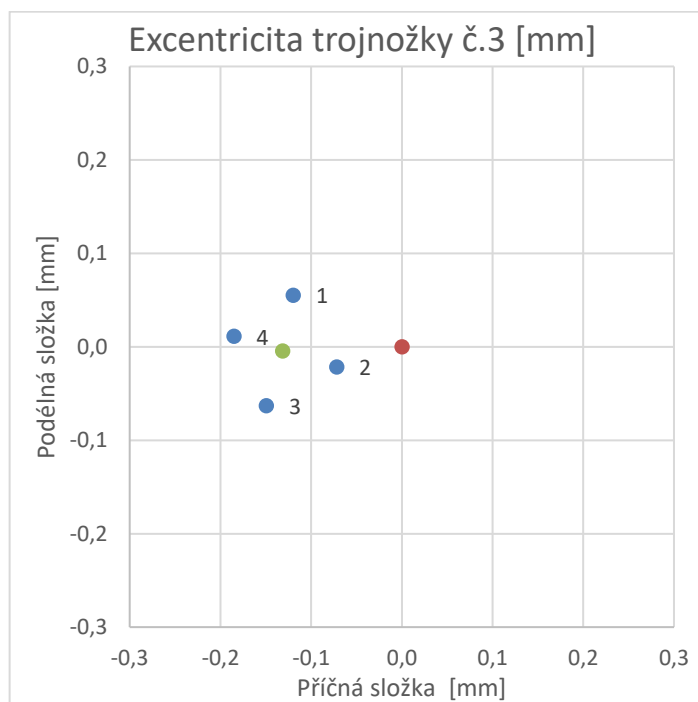
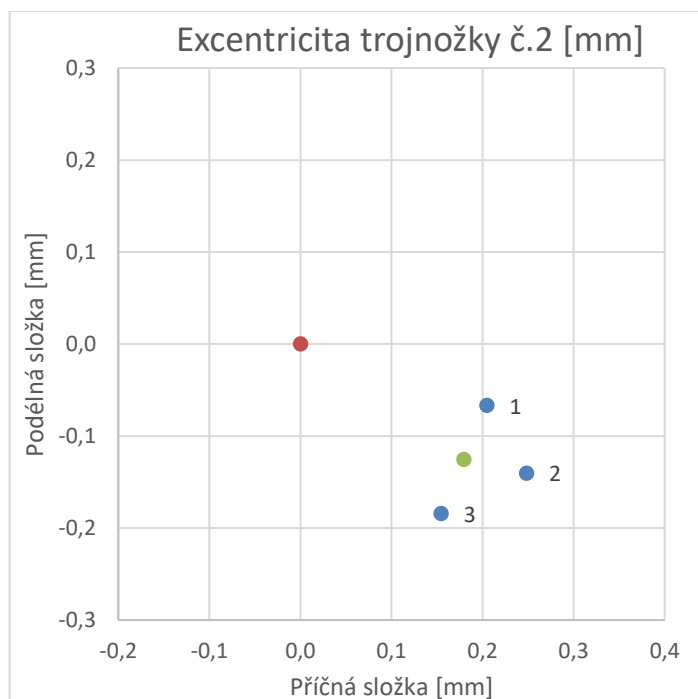
trojnožka 9	Hz	vod. Délka	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
poloha 1	268,11908	5,56155	0,00062	0,05	0,09
poloha 2	268,11946	5,56147	0,00100	0,09	0,01
poloha 3	268,11883	5,56143	0,00037	0,03	-0,03
poloha 4	268,11843	5,56150	-0,00002	0,00	0,04
průměr				0,04	0,03

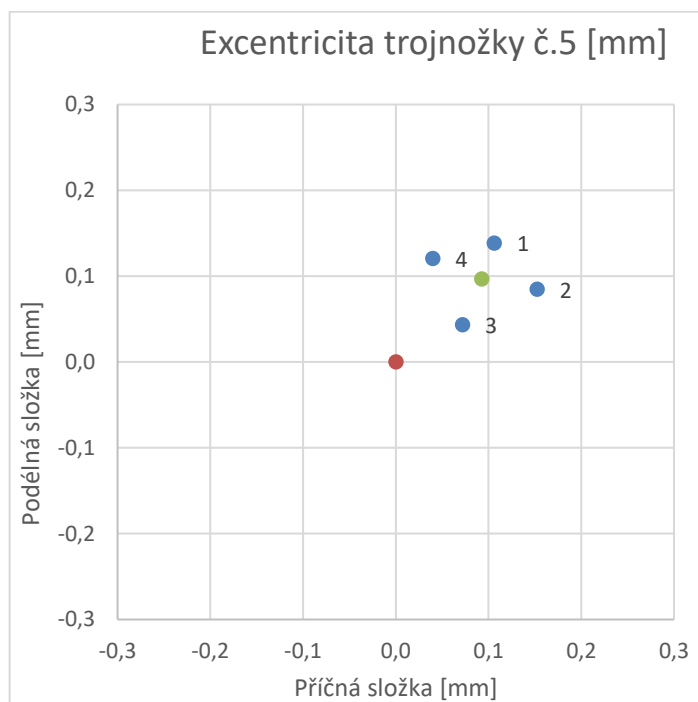
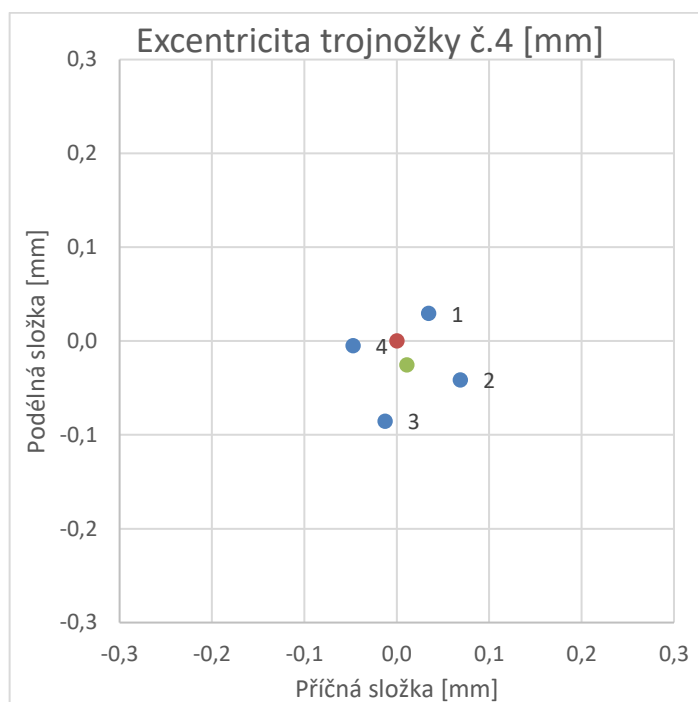
trojnožka 10	Hz	vod. Délka	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
poloha 1	268,11828	5,56175	-0,00017	-0,01	0,29
poloha 2	268,11861	5,56168	0,00016	0,01	0,22
poloha 3	268,11774	5,56164	-0,00072	-0,06	0,18
poloha 4	268,11736	5,56171	-0,00110	-0,10	0,25
průměr				-0,04	0,23

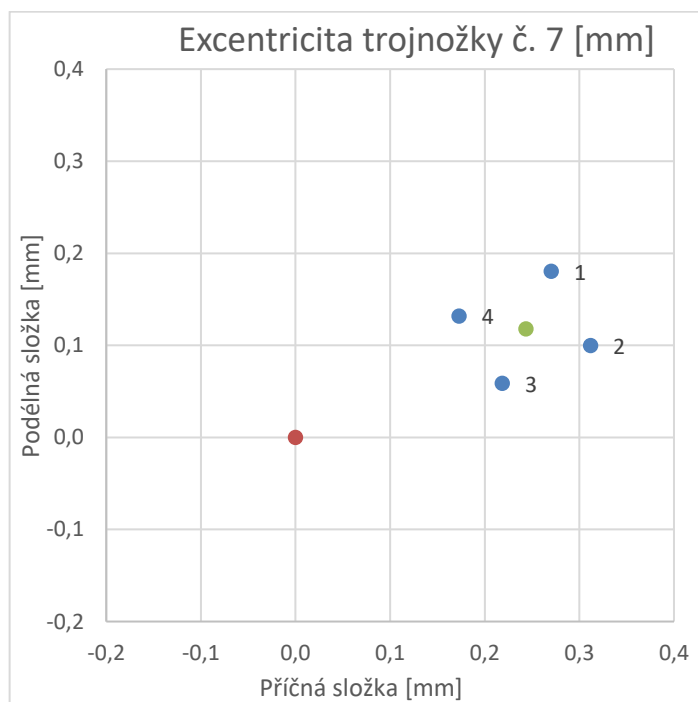
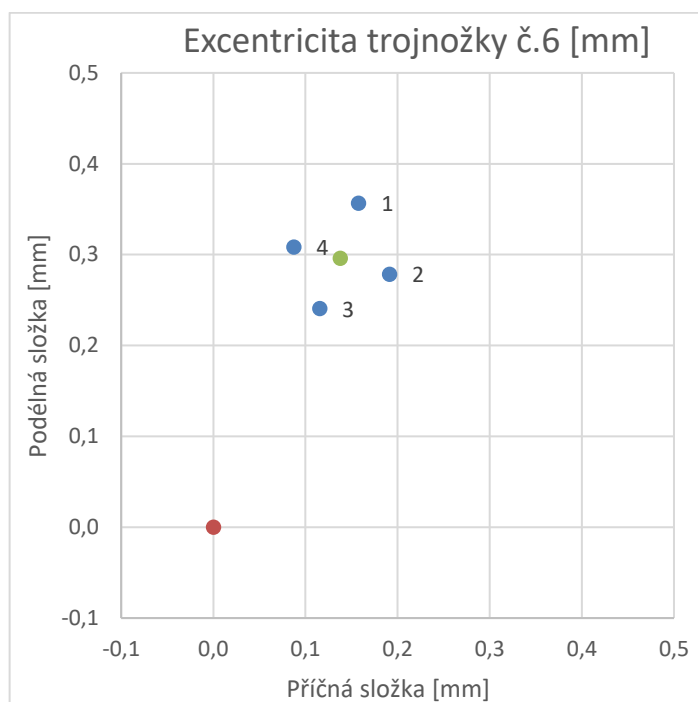
trojnožka 11	Hz	vod. Délka	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
poloha 1	268,12171	5,56183	0,00326	0,28	0,37
poloha 2	268,12204	5,56175	0,00358	0,31	0,29
poloha 3	268,12117	5,56172	0,00271	0,24	0,26
poloha 4	268,12093	5,56179	0,00247	0,22	0,33
průměr				0,26	0,31

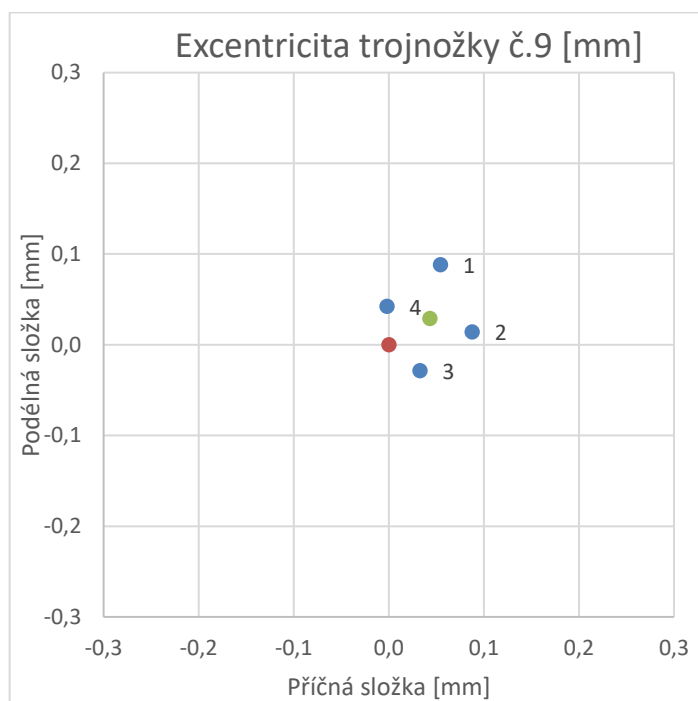
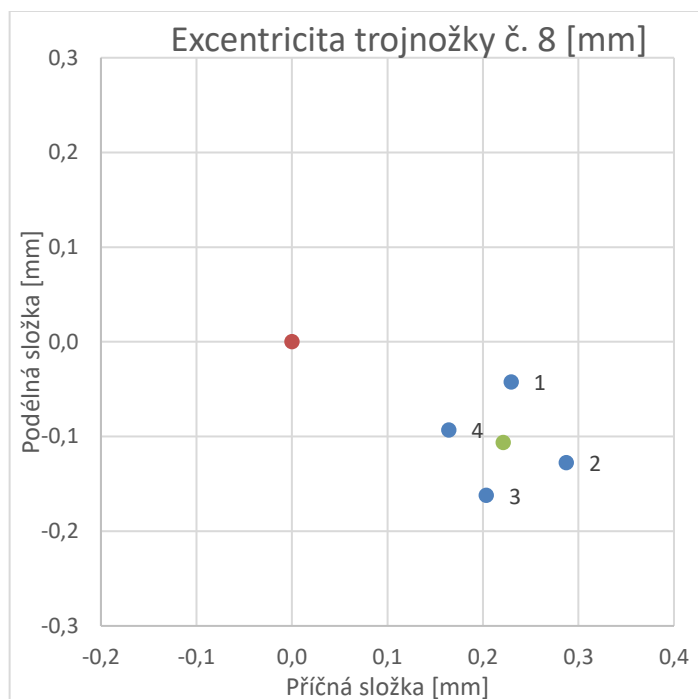
trojnožka 12	Hz	vod. Délka	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
poloha 1	268,12079	5,56152	0,00233	0,20	0,06
poloha 2	268,12125	5,56144	0,00279	0,24	-0,02
poloha 3	268,12026	5,56141	0,00180	0,16	-0,05
poloha 4	268,12003	5,56148	0,00157	0,14	0,02
průměr				0,19	0,00

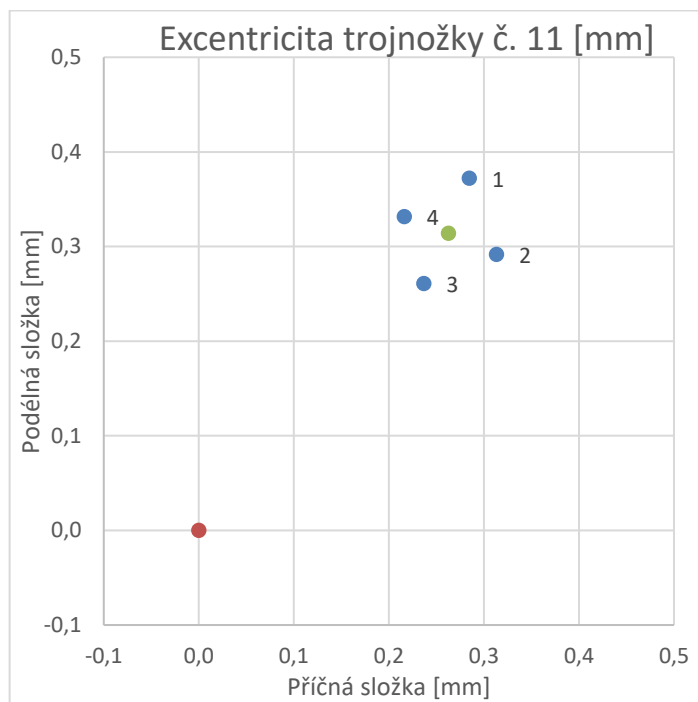
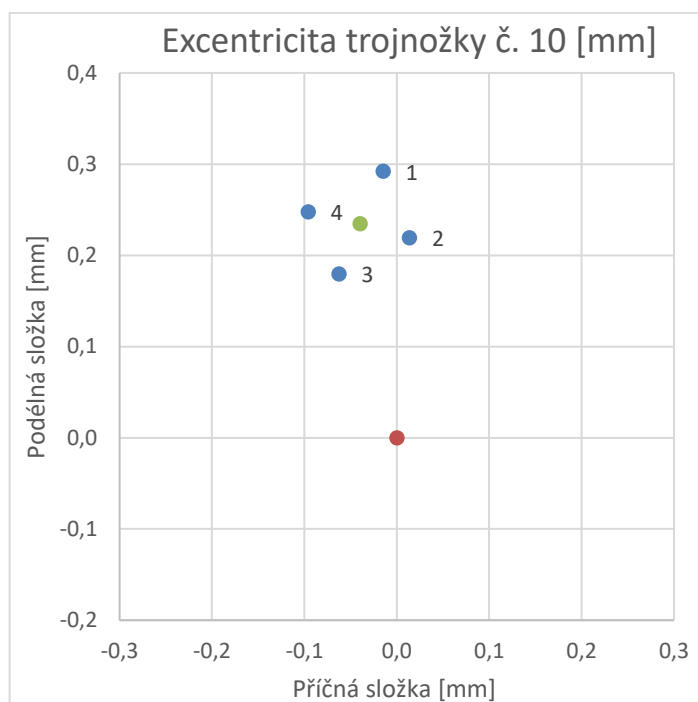


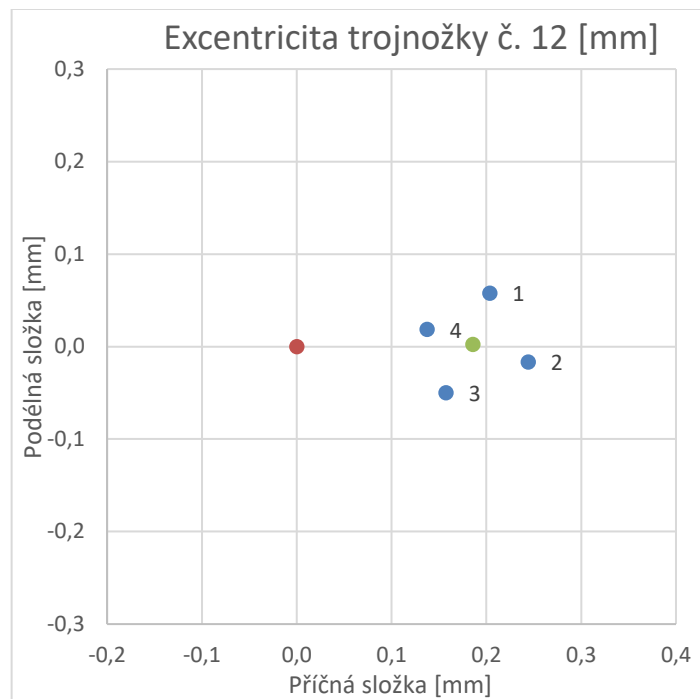




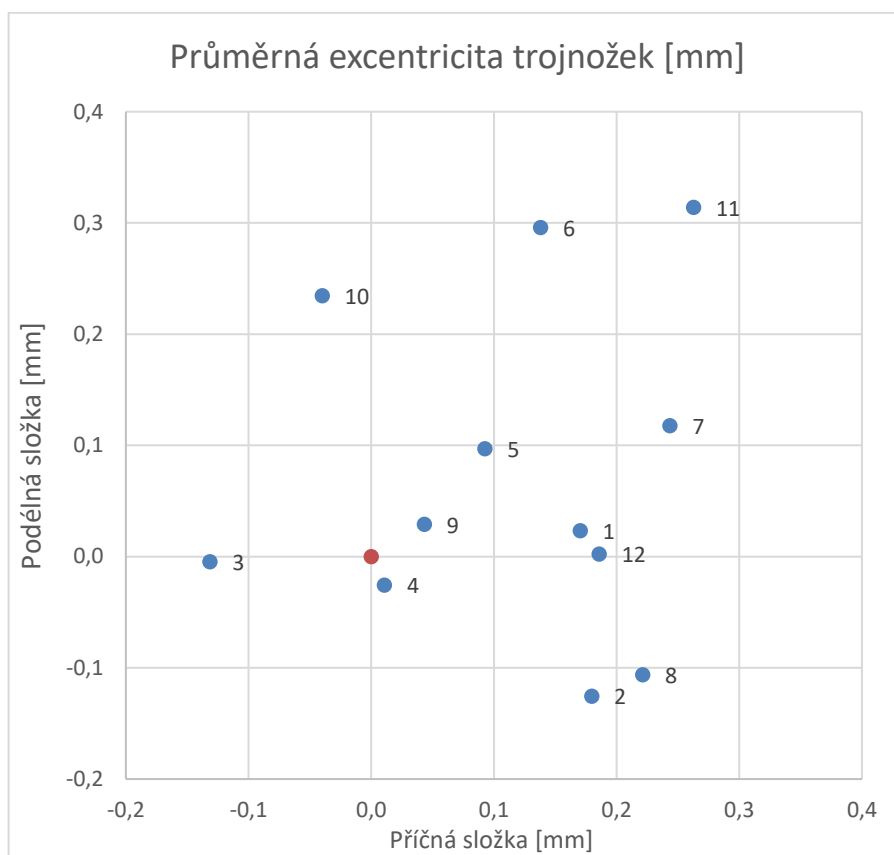








Průměrná excentricita trojnožek [mm]		
trojnožka č.:	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
1	0,17	0,02
2	0,18	-0,13
3	-0,13	0,00
4	0,01	-0,03
5	0,09	0,10
6	0,14	0,30
7	0,24	0,12
8	0,22	-0,11
9	0,04	0,03
10	-0,04	0,23
11	0,26	0,31
12	0,19	0,00



Přílohy k testu č.2 – Opakované našroubování trojnožek

Trojnožka č. 1				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14277	5,56453	0,00039	0,03	0,06
268,14282	5,56453	0,00045	0,04	0,06
268,14312	5,56453	0,00074	0,07	0,06
268,14312	5,56453	0,00075	0,07	0,05
268,14314	5,56453	0,00077	0,07	0,05
268,14307	5,56452	0,00070	0,06	0,05
268,14269	5,56452	0,00032	0,03	0,04
268,14263	5,56451	0,00026	0,02	0,04
268,14293	5,56452	0,00055	0,05	0,05
268,14290	5,56452	0,00053	0,05	0,05
		Průměr:	0,05	0,05
		s. o.	0,02	0,01

Trojnožka č. 2				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14466	5,56435	0,00228	0,20	-0,12
268,14521	5,56439	0,00283	0,25	-0,09
268,14521	5,56434	0,00284	0,25	-0,14
268,14517	5,56441	0,00280	0,24	-0,06
268,14519	5,56441	0,00282	0,25	-0,06
268,14434	5,56432	0,00197	0,17	-0,15
268,14459	5,56440	0,00222	0,19	-0,07
268,14492	5,56443	0,00254	0,22	-0,04
268,14486	5,56443	0,00249	0,22	-0,04
268,14489	5,56443	0,00252	0,22	-0,04
		Průměr:	0,22	-0,08
		s. o.	0,03	0,04

Trojnožka č. 3				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14217	5,56422	-0,00021	-0,02	-0,25
268,14239	5,56422	0,00001	0,00	-0,26
268,14246	5,56422	0,00009	0,01	-0,26
268,14249	5,56422	0,00011	0,01	-0,26
268,14247	5,56423	0,00010	0,01	-0,25
268,14245	5,56424	0,00008	0,01	-0,24
268,14250	5,56424	0,00013	0,01	-0,24
268,14242	5,56424	0,00005	0,00	-0,24
268,14249	5,56422	0,00012	0,01	-0,26
268,14249	5,56422	0,00012	0,01	-0,26
		Průměr:	0,01	-0,25
		s. o.	0,01	0,01

Tronožka č. 4				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14247	5,56434	0,00010	0,01	-0,13
268,14260	5,56434	0,00022	0,02	-0,14
268,14271	5,56434	0,00034	0,03	-0,14
268,14252	5,56433	0,00014	0,01	-0,14
268,14249	5,56433	0,00011	0,01	-0,14
268,14249	5,56433	0,00011	0,01	-0,14
268,14274	5,56435	0,00036	0,03	-0,13
268,14249	5,56435	0,00012	0,01	-0,12
268,14236	5,56433	-0,00001	0,00	-0,14
268,14227	5,56434	-0,00010	-0,01	-0,14
		Průměr:	0,01	-0,14
		s. o.	0,01	0,01

Trojnožka č. 5				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14229	5,56447	-0,00009	-0,01	0,00
268,14231	5,56447	-0,00007	-0,01	0,00
268,14225	5,56447	-0,00012	-0,01	0,00
268,14232	5,56447	-0,00006	0,00	0,00
268,14263	5,56448	0,00026	0,02	0,00
268,14233	5,56448	-0,00004	0,00	0,00
268,14237	5,56448	-0,00001	0,00	0,00
268,14233	5,56447	-0,00005	0,00	0,00
268,14253	5,56447	0,00016	0,01	0,00
268,14238	5,56448	0,00000	0,00	0,00
		Průměr:	0,00	0,00
		s. o.	0,01	0,00

Trojnožka č. 6				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14075	5,56468	-0,00162	-0,14	0,21
268,14086	5,56468	-0,00152	-0,13	0,21
268,14090	5,56468	-0,00147	-0,13	0,21
268,14091	5,56468	-0,00146	-0,13	0,21
268,14135	5,56470	-0,00102	-0,09	0,23
268,14111	5,56469	-0,00127	-0,11	0,22
268,14111	5,56469	-0,00126	-0,11	0,22
268,14127	5,56469	-0,00111	-0,10	0,22
268,14138	5,56470	-0,00100	-0,09	0,22
268,14128	5,56470	-0,00110	-0,10	0,22
		Průměr:	-0,11	0,22
		s. o.	0,02	0,01

Trojnožka č. 7				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14203	5,56459	-0,00035	-0,03	0,11
268,14237	5,56456	0,00000	0,00	0,08
268,14250	5,56455	0,00012	0,01	0,08
268,14242	5,56454	0,00004	0,00	0,07
268,14260	5,56453	0,00022	0,02	0,05
268,14243	5,56454	0,00005	0,00	0,07
268,14246	5,56454	0,00009	0,01	0,07
268,14220	5,56453	-0,00017	-0,01	0,06
268,14235	5,56453	-0,00002	0,00	0,06
268,14243	5,56454	0,00005	0,00	0,07
		Průměr:	0,00	0,07
		s. o.	0,01	0,02

Trojnožka č. 8				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14504	5,56441	0,00267	0,23	-0,07
268,14464	5,56440	0,00227	0,20	-0,07
268,14459	5,56440	0,00222	0,19	-0,07
268,14463	5,56440	0,00225	0,20	-0,07
268,14473	5,56441	0,00236	0,21	-0,07
268,14462	5,56440	0,00224	0,20	-0,07
268,14473	5,56441	0,00236	0,21	-0,07
268,14469	5,56441	0,00231	0,20	-0,07
268,14470	5,56441	0,00233	0,20	-0,07
268,14483	5,56441	0,00246	0,21	-0,07
		Průměr:	0,21	-0,07
		s. o.	0,01	0,00

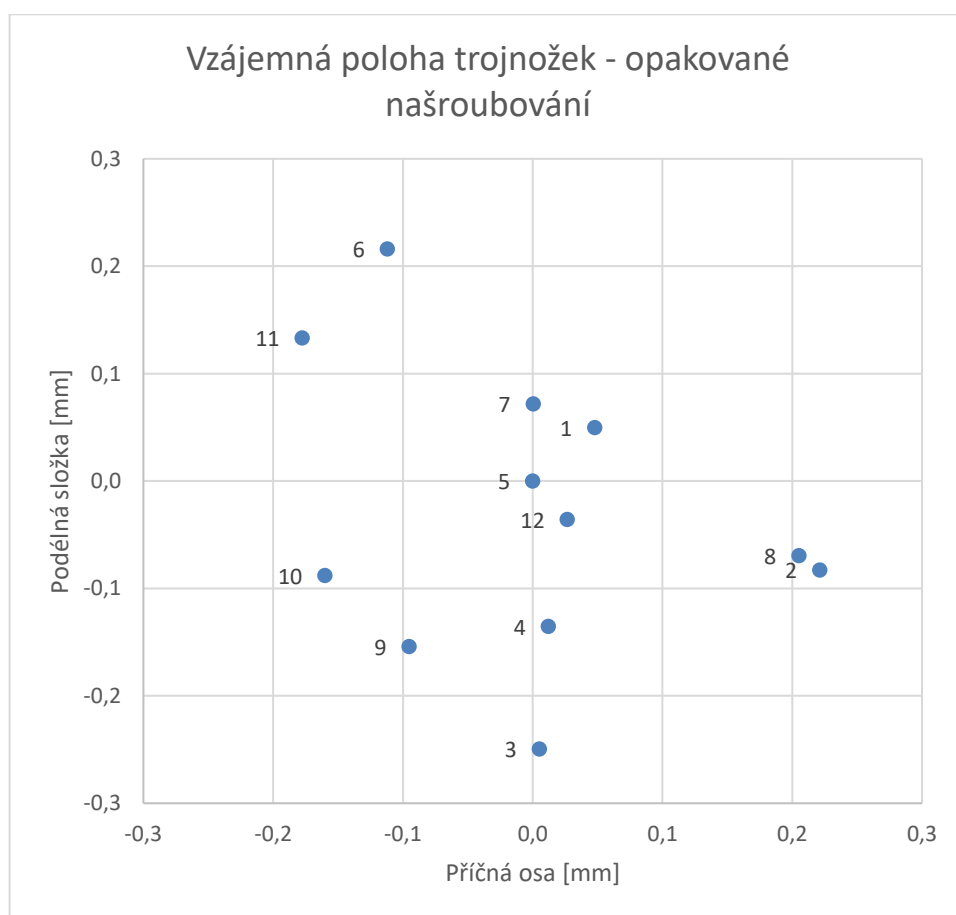
Trojnožka č. 9				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14147	5,56435	-0,00090	-0,08	-0,13
268,14158	5,56435	-0,00079	-0,07	-0,13
268,14149	5,56435	-0,00088	-0,08	-0,13
268,14169	5,56436	-0,00068	-0,06	-0,12
268,14109	5,56431	-0,00128	-0,11	-0,16
268,14096	5,56431	-0,00142	-0,12	-0,16
268,14095	5,56429	-0,00142	-0,12	-0,19
268,14120	5,56430	-0,00117	-0,10	-0,17
268,14113	5,56430	-0,00124	-0,11	-0,17
268,14127	5,56430	-0,00110	-0,10	-0,17
		Průměr:	-0,10	-0,15
		s. o.	0,02	0,02

Trojnožka č. 10				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14088	5,56441	-0,00149	-0,13	-0,06
268,14073	5,56441	-0,00164	-0,14	-0,06
268,14069	5,56438	-0,00168	-0,15	-0,09
268,14125	5,56439	-0,00112	-0,10	-0,08
268,14098	5,56439	-0,00139	-0,12	-0,08
268,14104	5,56439	-0,00133	-0,12	-0,08
268,14110	5,56440	-0,00127	-0,11	-0,08
268,13960	5,56436	-0,00277	-0,24	-0,12
268,13955	5,56436	-0,00282	-0,25	-0,11
268,13958	5,56436	-0,00279	-0,24	-0,11
		Průměr:	-0,16	-0,09
		s. o.	0,06	0,02

Trojnožka č. 11				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14162	5,56469	-0,00075	-0,07	0,22
268,14064	5,56464	-0,00173	-0,15	0,16
268,14069	5,56463	-0,00168	-0,15	0,16
268,14051	5,56461	-0,00186	-0,16	0,14
268,14041	5,56462	-0,00196	-0,17	0,14
268,13951	5,56456	-0,00286	-0,25	0,09
268,13959	5,56456	-0,00278	-0,24	0,09
268,13968	5,56457	-0,00269	-0,24	0,10
268,13990	5,56457	-0,00247	-0,22	0,10
268,14086	5,56462	-0,00152	-0,13	0,15
		Průměr:	-0,18	0,13
		s. o.	0,06	0,04

Trojnožka č. 12				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14289	5,56446	0,00052	0,05	-0,01
268,14295	5,56445	0,00057	0,05	-0,03
268,14287	5,56445	0,00050	0,04	-0,03
268,14268	5,56443	0,00031	0,03	-0,04
268,14269	5,56443	0,00031	0,03	-0,04
268,14253	5,56443	0,00015	0,01	-0,04
268,14251	5,56443	0,00013	0,01	-0,04
268,14242	5,56443	0,00005	0,00	-0,04
268,14263	5,56444	0,00026	0,02	-0,04
268,14263	5,56443	0,00026	0,02	-0,04
		Průměr:	0,03	-0,04
		s. o.	0,02	0,01

Trojnožka	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]	Výb. sm. o. příčné složky [mm]	Výb. sm. o. podélné složky [mm]
1	0,05	0,05	0,02	0,01
2	0,22	-0,08	0,03	0,04
3	0,01	-0,25	0,01	0,01
4	0,01	-0,14	0,01	0,01
5	0,00	0,00	0,01	0,00
6	-0,11	0,22	0,02	0,01
7	0,00	0,07	0,01	0,02
8	0,21	-0,07	0,01	0,00
9	-0,10	-0,15	0,02	0,02
10	-0,16	-0,09	0,06	0,02
11	-0,18	0,13	0,06	0,04
12	0,03	-0,04	0,02	0,01



Přílohy k testu č.3 – Opakované upínání centrovače do trojnožek

Trojnožka č. 1				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14309	5,56440	0,00060	0,05	-0,13
268,14321	5,56440	0,00071	0,06	-0,13
268,14323	5,56440	0,00073	0,06	-0,13
268,14326	5,56439	0,00077	0,07	-0,13
268,14323	5,56439	0,00073	0,06	-0,14
268,14316	5,56440	0,00067	0,06	-0,12
268,14319	5,56440	0,00069	0,06	-0,12
268,14315	5,56440	0,00065	0,06	-0,12
268,14322	5,56440	0,00072	0,06	-0,13
268,14309	5,56439	0,00060	0,05	-0,13
		průměr	0,06	-0,13
		s.o.	0,01	0,00

Trojnožka č. 2				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14479	5,56429	0,00229	0,20	-0,23
268,14474	5,56429	0,00224	0,20	-0,23
268,14483	5,56428	0,00234	0,20	-0,24
268,14489	5,56429	0,00240	0,21	-0,24
268,14487	5,56428	0,00237	0,21	-0,25
268,14466	5,56428	0,00217	0,19	-0,25
268,14504	5,56428	0,00254	0,22	-0,25
268,14484	5,56428	0,00234	0,20	-0,25
268,14503	5,56428	0,00254	0,22	-0,24
268,14482	5,56429	0,00232	0,20	-0,23
		průměr	0,21	-0,24
		s.o.	0,01	0,01

Trojnožka č. 3				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14185	5,56429	-0,00065	-0,06	-0,23
268,14194	5,56429	-0,00056	-0,05	-0,23
268,14205	5,56427	-0,00045	-0,04	-0,25
268,14205	5,56431	-0,00045	-0,04	-0,22
268,14204	5,56431	-0,00046	-0,04	-0,22
268,14165	5,56430	-0,00084	-0,07	-0,23
268,14169	5,56428	-0,00081	-0,07	-0,24
268,14163	5,56428	-0,00087	-0,08	-0,24
268,14199	5,56435	-0,00051	-0,04	-0,17
268,14158	5,56429	-0,00091	-0,08	-0,23
		průměr	-0,06	-0,23
		s.o.	0,02	0,02

Trojnožka č. 4				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14403	5,56431	0,00154	0,13	-0,22
268,14397	5,56411	0,00148	0,13	-0,41
268,14216	5,56441	-0,00034	-0,03	-0,11
268,14230	5,56440	-0,00020	-0,02	-0,12
268,14248	5,56440	-0,00002	0,00	-0,12
268,14248	5,56440	-0,00001	0,00	-0,12
268,14241	5,56440	-0,00008	-0,01	-0,12
268,14228	5,56440	-0,00022	-0,02	-0,13
268,14224	5,56440	-0,00026	-0,02	-0,12
268,14224	5,56440	-0,00026	-0,02	-0,12
		průměr	0,01	-0,16
		s.o.	0,06	0,09

Trojnožka č. 5				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14255	5,56453	0,00005	0,00	0,00
268,14256	5,56453	0,00006	0,01	0,00
268,14240	5,56453	-0,00010	-0,01	0,01
268,14254	5,56453	0,00004	0,00	0,01
268,14246	5,56453	-0,00004	0,00	0,00
268,14241	5,56453	-0,00009	-0,01	0,00
268,14252	5,56452	0,00003	0,00	-0,01
268,14249	5,56452	-0,00001	0,00	0,00
268,14256	5,56452	0,00007	0,01	-0,01
268,14247	5,56452	-0,00002	0,00	-0,01
		průměr	0,00	0,00
		s.o.	0,01	0,01

Trojnožka č. 6				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14124	5,56471	-0,00126	-0,11	0,19
268,14123	5,56471	-0,00127	-0,11	0,19
268,14115	5,56471	-0,00135	-0,12	0,19
268,14120	5,56471	-0,00130	-0,11	0,18
268,14126	5,56471	-0,00124	-0,11	0,18
268,14144	5,56471	-0,00105	-0,09	0,18
268,14120	5,56470	-0,00129	-0,11	0,18
268,14132	5,56470	-0,00118	-0,10	0,18
268,14156	5,56470	-0,00094	-0,08	0,18
268,14140	5,56470	-0,00110	-0,10	0,18
		průměr	-0,10	0,18
		s.o.	0,01	0,00

Trojnožka č. 7				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14395	5,56459	0,00146	0,13	0,06
268,14387	5,56459	0,00137	0,12	0,06
268,14335	5,56459	0,00085	0,07	0,06
268,14335	5,56459	0,00086	0,07	0,06
268,14339	5,56457	0,00089	0,08	0,05
268,14350	5,56458	0,00101	0,09	0,05
268,14353	5,56458	0,00103	0,09	0,06
268,14328	5,56458	0,00079	0,07	0,05
268,14336	5,56458	0,00086	0,08	0,06
268,14335	5,56458	0,00086	0,08	0,06
		průměr	0,09	0,06
		s.o.	0,02	0,00

Trojnožka č. 8				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14533	5,56440	0,00283	0,25	-0,12
268,14539	5,56440	0,00289	0,25	-0,13
268,14523	5,56440	0,00273	0,24	-0,12
268,14537	5,56440	0,00287	0,25	-0,12
268,14541	5,56440	0,00292	0,26	-0,12
268,14530	5,56440	0,00280	0,24	-0,12
268,14526	5,56440	0,00276	0,24	-0,12
268,14539	5,56440	0,00289	0,25	-0,12
268,14533	5,56440	0,00283	0,25	-0,12
268,14545	5,56439	0,00295	0,26	-0,13
		průměr	0,25	-0,12
		s.o.	0,01	0,00

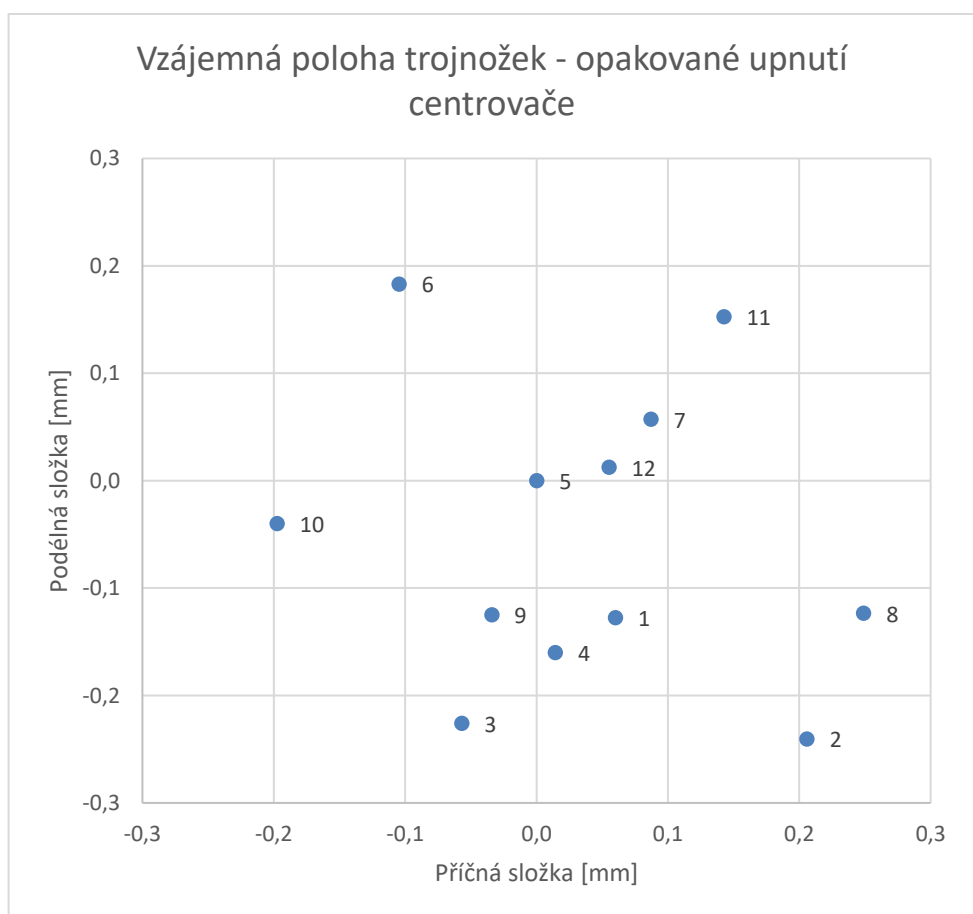
Trojnožka č. 9				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14206	5,56440	-0,00044	-0,04	-0,12
268,14229	5,56440	-0,00021	-0,02	-0,13
268,14213	5,56440	-0,00037	-0,03	-0,13
268,14212	5,56440	-0,00037	-0,03	-0,13
268,14203	5,56440	-0,00046	-0,04	-0,13
268,14212	5,56440	-0,00038	-0,03	-0,12
268,14206	5,56440	-0,00044	-0,04	-0,12
268,14209	5,56440	-0,00041	-0,04	-0,12
268,14205	5,56440	-0,00044	-0,04	-0,12
268,14211	5,56440	-0,00039	-0,03	-0,12
		průměr	-0,03	-0,12
		s.o.	0,01	0,00

Trojnožka č. 10				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14040	5,56448	-0,00210	-0,18	-0,04
268,14042	5,56448	-0,00208	-0,18	-0,04
268,14054	5,56448	-0,00196	-0,17	-0,04
268,14030	5,56448	-0,00220	-0,19	-0,04
268,14031	5,56449	-0,00219	-0,19	-0,04
268,14003	5,56449	-0,00247	-0,22	-0,04
268,14011	5,56449	-0,00239	-0,21	-0,04
268,14012	5,56449	-0,00238	-0,21	-0,04
268,14014	5,56448	-0,00236	-0,21	-0,04
268,14003	5,56448	-0,00247	-0,22	-0,05
		průměr	-0,20	-0,04
		s.o.	0,02	0,00

Trojnožka č. 11				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14413	5,56469	0,00164	0,14	0,16
268,14417	5,56469	0,00167	0,15	0,16
268,14416	5,56467	0,00166	0,15	0,15
268,14413	5,56468	0,00164	0,14	0,16
268,14399	5,56468	0,00150	0,13	0,16
268,14406	5,56468	0,00157	0,14	0,15
268,14369	5,56468	0,00119	0,10	0,15
268,14440	5,56467	0,00190	0,17	0,15
268,14432	5,56467	0,00183	0,16	0,15
268,14423	5,56467	0,00173	0,15	0,15
		průměr	0,14	0,15
		s.o.	0,02	0,01

Trojnožka č. 12				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14302	5,56452	0,00053	0,05	-0,01
268,14314	5,56454	0,00064	0,06	0,02
268,14315	5,56455	0,00066	0,06	0,02
268,14297	5,56455	0,00047	0,04	0,02
268,14316	5,56455	0,00067	0,06	0,03
268,14317	5,56453	0,00067	0,06	0,01
268,14309	5,56453	0,00059	0,05	0,01
268,14319	5,56453	0,00069	0,06	0,01
268,14337	5,56453	0,00087	0,08	0,01
268,14301	5,56453	0,00052	0,05	0,01
		průměr	0,06	0,01
		s.o.	0,01	0,01

Trojnožka č.:	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]	výb. sm. s. příčné složky [mm]	výb. sm. o. podélné složky [mm]
1	0,06	-0,13	0,01	0,00
2	0,21	-0,24	0,01	0,01
3	-0,06	-0,23	0,02	0,02
4	0,01	-0,16	0,06	0,09
5	0,00	0,00	0,01	0,01
6	-0,10	0,18	0,01	0,00
7	0,09	0,06	0,02	0,00
8	0,25	-0,12	0,01	0,00
9	-0,03	-0,12	0,01	0,00
10	-0,20	-0,04	0,02	0,00
11	0,14	0,15	0,02	0,01
12	0,06	0,01	0,01	0,01



Přílohy k testu č.4 – Opakované upínání centrovačů do trojnožky

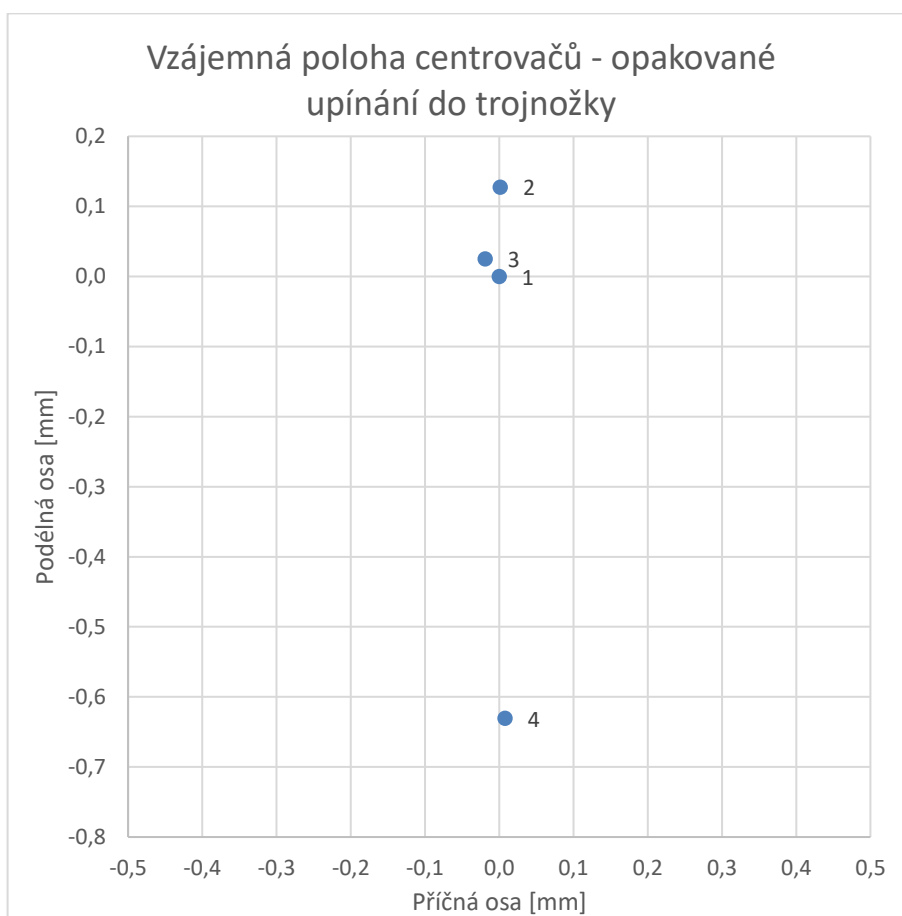
Centrovač č. 1				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14230	5,56445	-0,00002	0,00	0,00
268,14241	5,56445	0,00009	0,01	0,00
268,14231	5,56446	-0,00001	0,00	0,01
268,14232	5,56445	0,00000	0,00	0,00
268,14242	5,56445	0,00010	0,01	0,00
268,14229	5,56446	-0,00003	0,00	0,00
268,14231	5,56446	-0,00001	0,00	0,00
268,14227	5,56445	-0,00005	0,00	0,00
268,14226	5,56445	-0,00007	-0,01	0,00
268,14233	5,56445	0,00001	0,00	0,00
		průměr	0,00	0,00
		s.o.	0,00	0,00

Centrovač č.2				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14220	5,56458	-0,00012	-0,01	0,13
268,14243	5,56458	0,00011	0,01	0,13
268,14220	5,56459	-0,00013	-0,01	0,14
268,14237	5,56458	0,00005	0,00	0,12
268,14239	5,56458	0,00006	0,01	0,13
268,14230	5,56458	-0,00002	0,00	0,12
268,14246	5,56458	0,00013	0,01	0,13
268,14236	5,56458	0,00004	0,00	0,13
268,14237	5,56458	0,00005	0,00	0,13
268,14233	5,56458	0,00001	0,00	0,13
		průměr	0,00	0,13
		s.o.	0,01	0,00

Centrovač č. 3				
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
268,14207	5,56448	-0,00025	-0,02	0,02
268,14208	5,56448	-0,00024	-0,02	0,02
268,14213	5,56448	-0,00020	-0,02	0,02
268,14220	5,56448	-0,00012	-0,01	0,03
268,14209	5,56448	-0,00023	-0,02	0,03
268,14203	5,56448	-0,00030	-0,03	0,03
268,14221	5,56448	-0,00011	-0,01	0,03
268,14211	5,56448	-0,00021	-0,02	0,03
268,14209	5,56448	-0,00023	-0,02	0,03
268,14204	5,56448	-0,00028	-0,02	0,03
		průměr	-0,02	0,03
		s.o.	0,01	0,00

Centrovač č. 4 - Leica GRT44					
Hz	vodorovná délka	hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]	-34,4 [mm]
268,14243	5,59819	0,00011	0,01	33,74	-0,66
268,14247	5,59821	0,00014	0,01	33,75	-0,65
268,14243	5,59824	0,00011	0,01	33,78	-0,62
268,14253	5,59824	0,00020	0,02	33,78	-0,62
268,14229	5,59822	-0,00004	0,00	33,77	-0,63
268,14229	5,59823	-0,00003	0,00	33,78	-0,62
268,14254	5,59822	0,00022	0,02	33,77	-0,63
268,14243	5,59823	0,00011	0,01	33,78	-0,62
268,14239	5,59823	0,00007	0,01	33,77	-0,63
268,14234	5,59823	0,00001	0,00	33,78	-0,62
		průměr	0,01	33,77	-0,63
		s.o.	0,01	0,01	0,01

Centrovač č.	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]	výb. sm.o. příčné složky [mm]	výb. sm.o. podélné složky [mm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,13	0,01	0,00
3	-0,02	0,03	0,01	0,00
4	0,01	-0,63	0,01	0,01



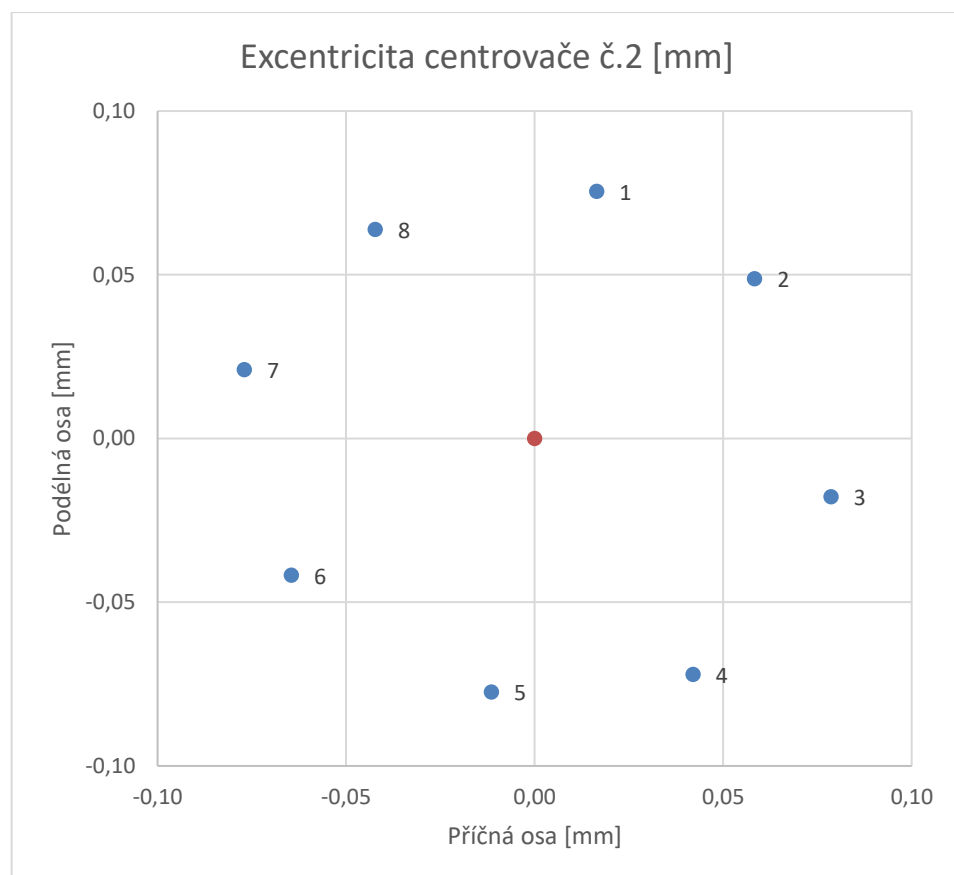
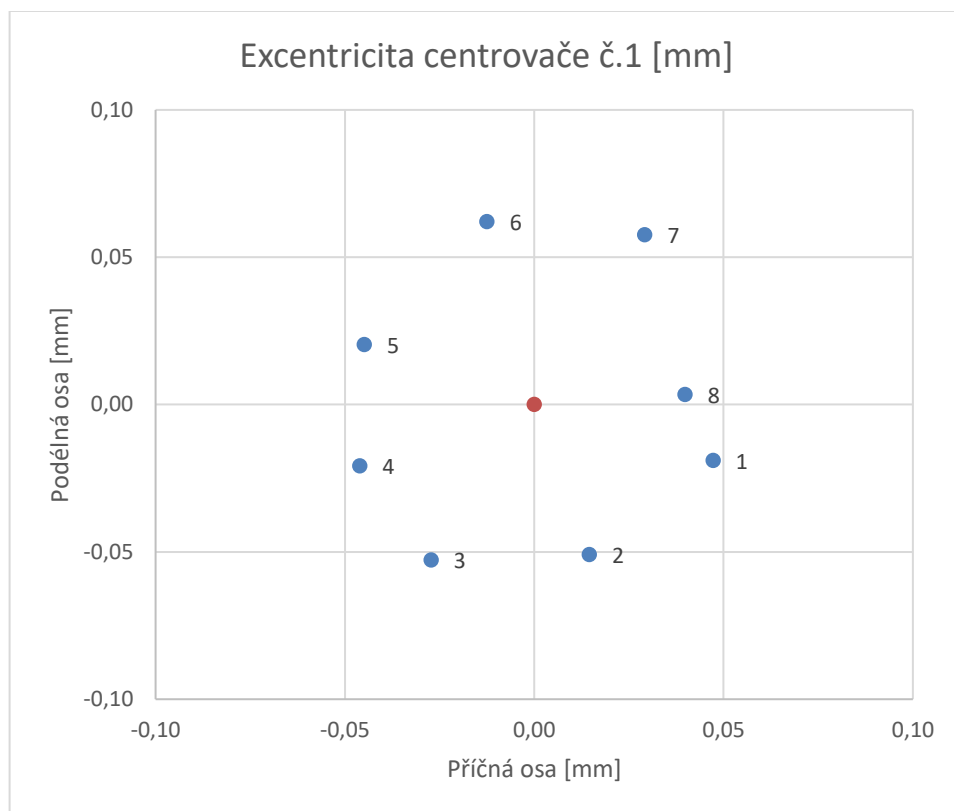
Přílohy k testu č.5 – Excentricita centrovačů

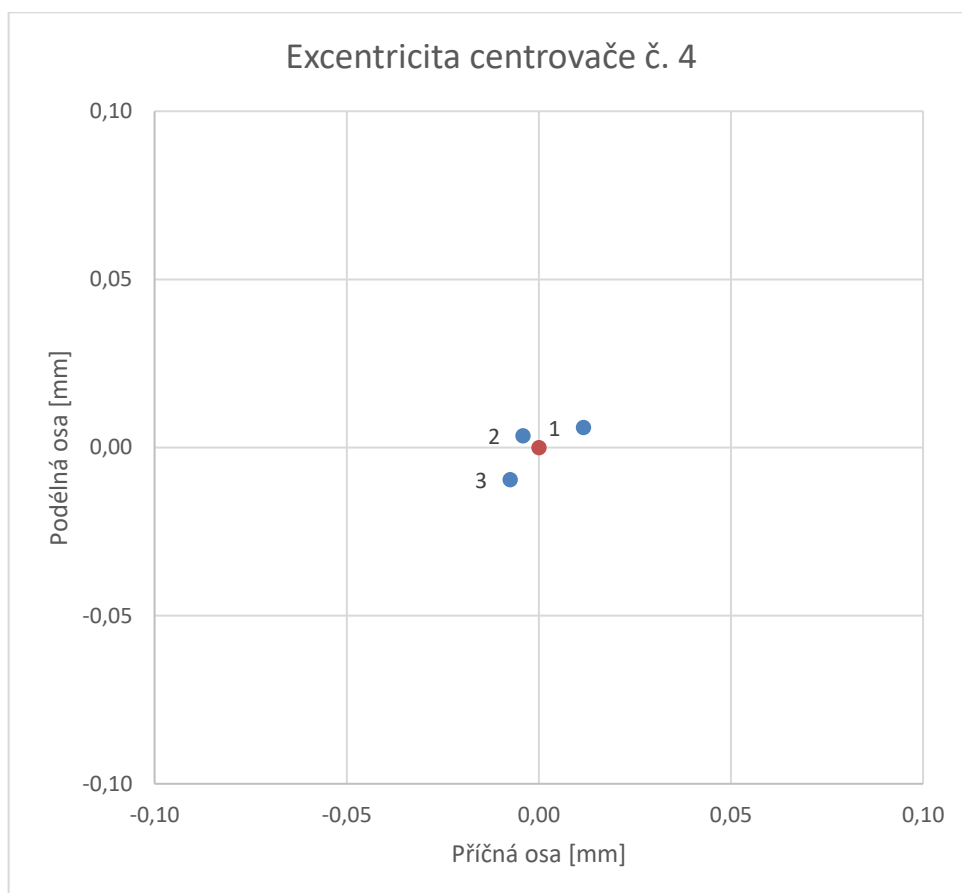
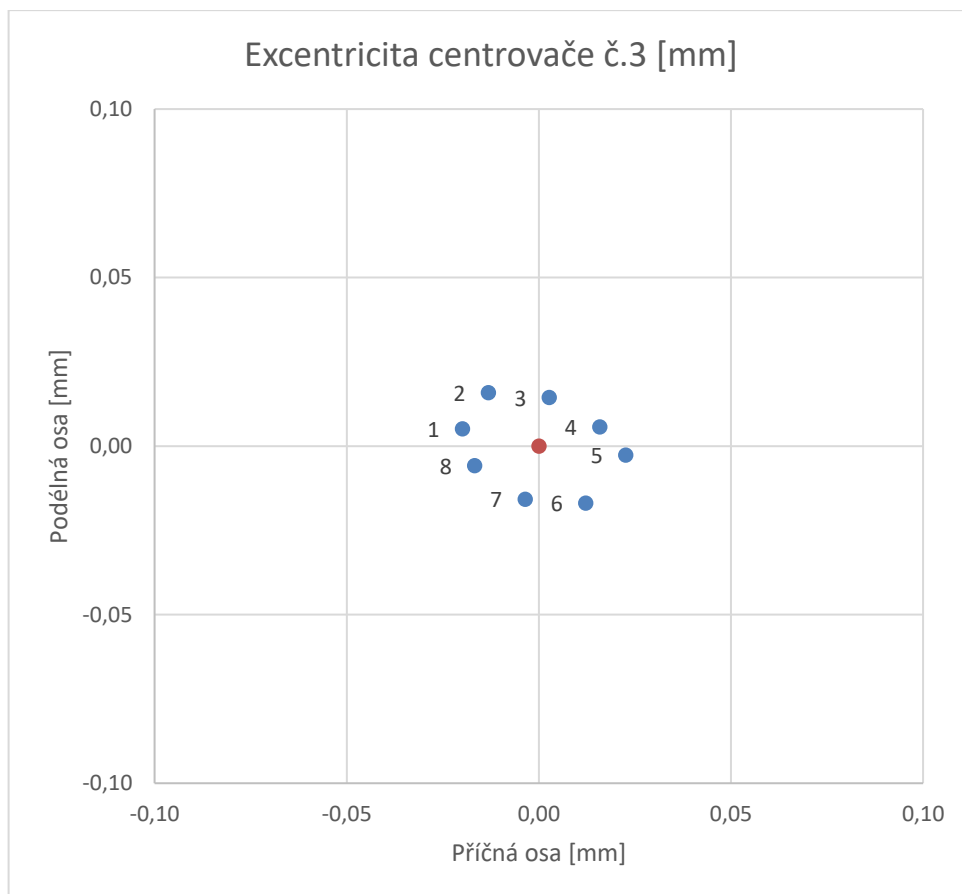
Centrovač č.1					
poloha:	Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
1	39,38752	5,56370	0,00054	0,05	-0,02
2	39,38714	5,56367	0,00017	0,01	-0,05
3	39,38667	5,56367	-0,00031	-0,03	-0,05
4	39,38645	5,56370	-0,00053	-0,05	-0,02
5	39,38647	5,56374	-0,00051	-0,04	0,02
6	39,38684	5,56379	-0,00014	-0,01	0,06
7	39,38731	5,56378	0,00033	0,03	0,06
8	39,38743	5,56373	0,00046	0,04	0,00

Centrovač č.2					
poloha:	Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
1	39,38908	5,56403	0,00019	0,02	0,08
2	39,38956	5,56401	0,00067	0,06	0,05
3	39,38979	5,56394	0,00090	0,08	-0,02
4	39,38937	5,56389	0,00048	0,04	-0,07
5	39,38876	5,56388	-0,00013	-0,01	-0,08
6	39,38815	5,56392	-0,00074	-0,06	-0,04
7	39,38801	5,56398	-0,00088	-0,08	0,02
8	39,38841	5,56402	-0,00048	-0,04	0,06

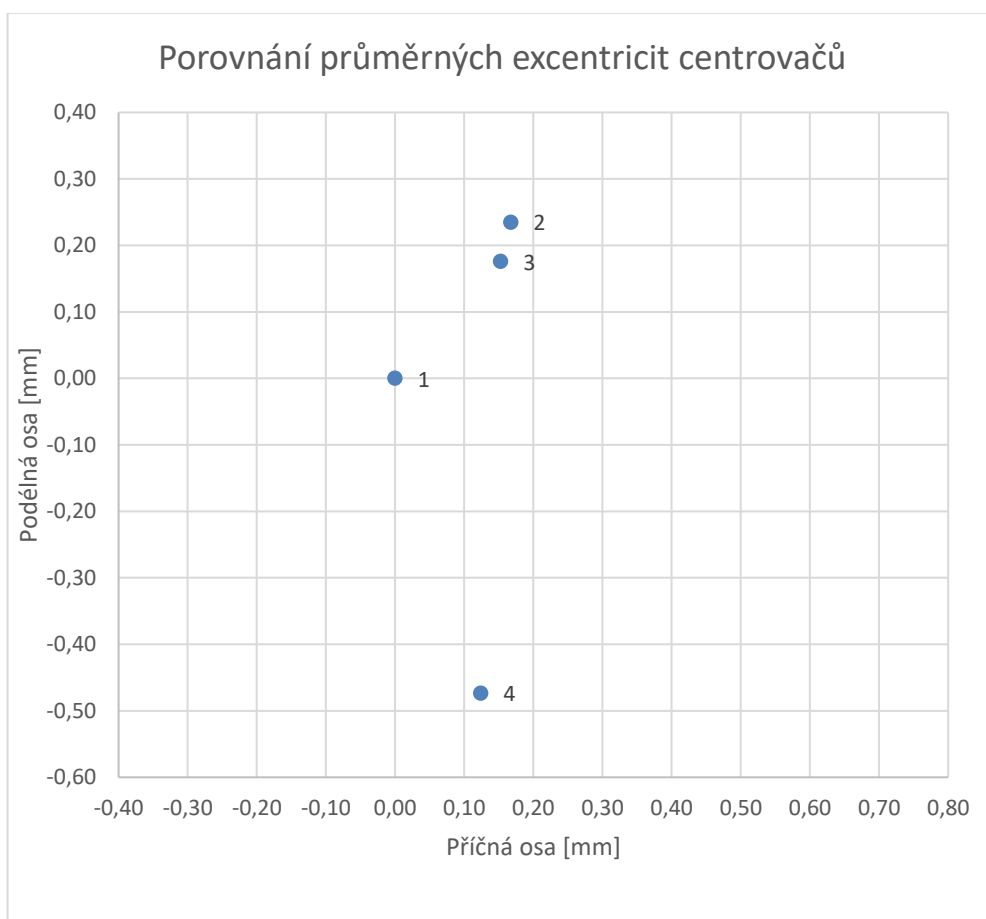
Centrovač č.3					
poloha:	Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
1	39,38849	5,56390	-0,00023	-0,02	0,01
2	39,38857	5,56392	-0,00015	-0,01	0,02
3	39,38875	5,56391	0,00003	0,00	0,01
4	39,38890	5,56391	0,00018	0,02	0,01
5	39,38898	5,56390	0,00026	0,02	0,00
6	39,38886	5,56388	0,00014	0,01	-0,02
7	39,38868	5,56388	-0,00004	0,00	-0,02
8	39,38853	5,56389	-0,00019	-0,02	-0,01

Centrovač č.4					
poloha:	Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
1	39,38853	5,56326	0,00013	0,01	0,01
2	39,38835	5,56325	-0,00005	0,00	0,00
3	39,38831	5,56324	-0,00009	-0,01	-0,01





centrovač č.	Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
1	39,38698	5,56372	0,00000	0,00	0,00
2	39,38889	5,56396	0,00191	0,17	0,23
3	39,38872	5,56390	0,00174	0,15	0,18
4	39,38840	5,56325	0,00142	0,12	-0,47

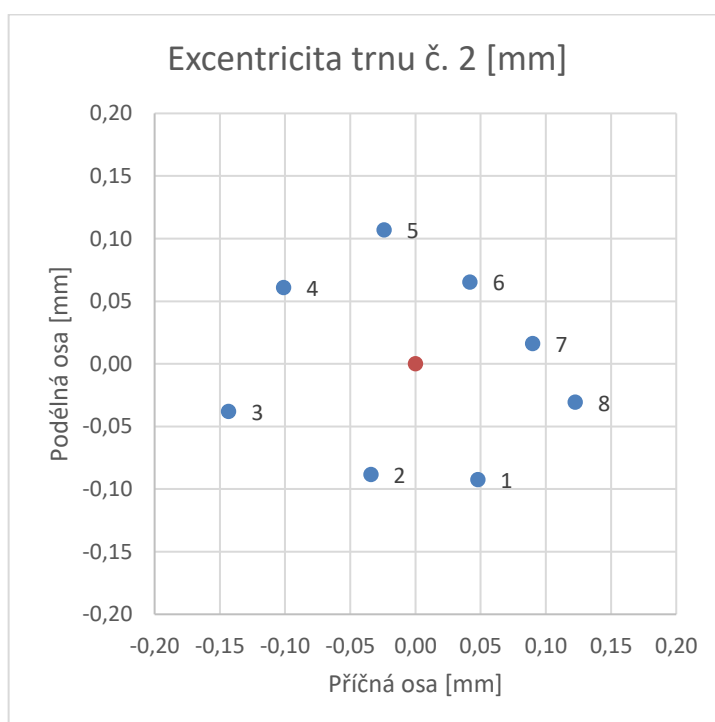
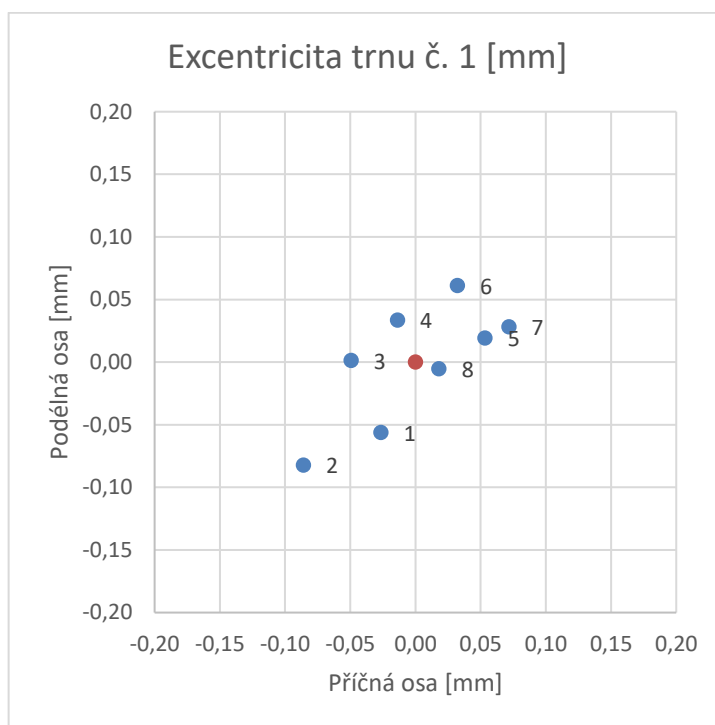


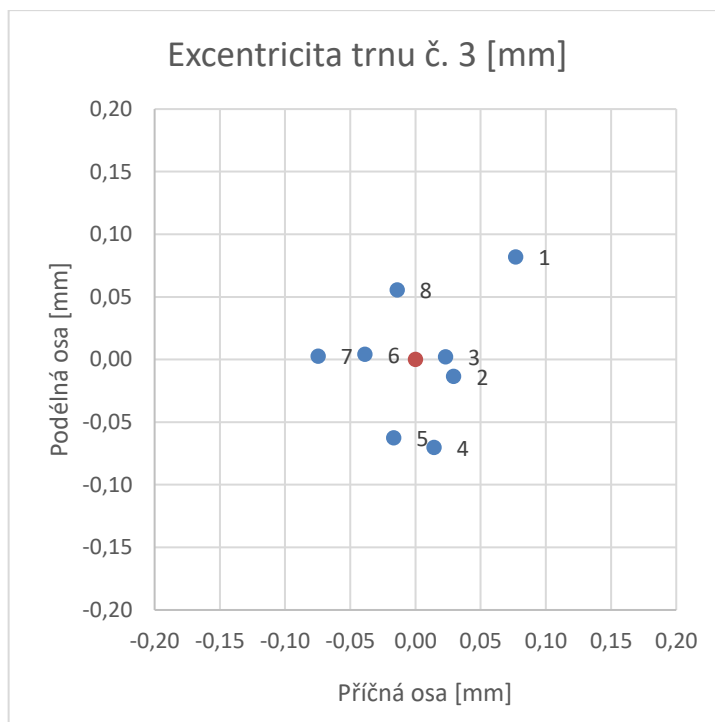
Přílohy k testu č.6 – Excentricita trnů

Trn č. 1					
poloha:	Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
1	39,38786	5,56328	-0,00030	-0,03	-0,06
2	39,38718	5,56325	-0,00098	-0,09	-0,08
3	39,38760	5,56334	-0,00056	-0,05	0,00
4	39,38801	5,56337	-0,00016	-0,01	0,03
5	39,38877	5,56335	0,00061	0,05	0,02
6	39,38853	5,56340	0,00037	0,03	0,06
7	39,38898	5,56336	0,00082	0,07	0,03
8	39,38837	5,56333	0,00021	0,02	-0,01

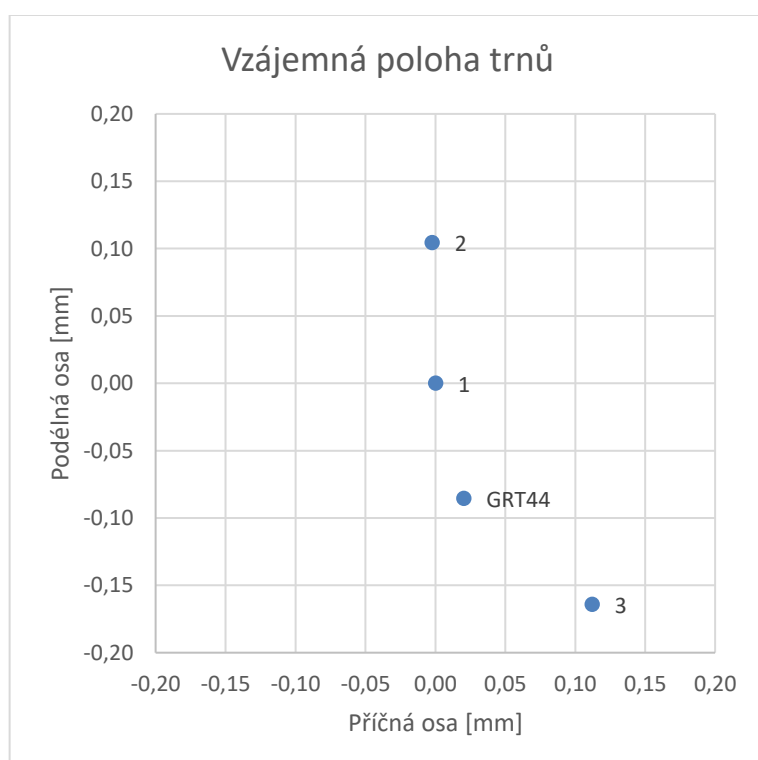
Trn č. 2					
poloha:	Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
1	39,38868	5,56335	0,00055	0,05	-0,09
2	39,38774	5,56335	-0,00039	-0,03	-0,09
3	39,38650	5,56340	-0,00164	-0,14	-0,04
4	39,38698	5,56350	-0,00116	-0,10	0,06
5	39,38786	5,56355	-0,00028	-0,02	0,11
6	39,38862	5,56351	0,00048	0,04	0,07
7	39,38916	5,56346	0,00103	0,09	0,02
8	39,38954	5,56341	0,00140	0,12	-0,03

Trn č. 3					
poloha:	Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
1	39,39033	5,56325	0,00088	0,08	0,08
2	39,38978	5,56316	0,00033	0,03	-0,01
3	39,38971	5,56317	0,00026	0,02	0,00
4	39,38961	5,56310	0,00016	0,01	-0,07
5	39,38926	5,56311	-0,00019	-0,02	-0,06
6	39,38900	5,56318	-0,00044	-0,04	0,00
7	39,38859	5,56317	-0,00085	-0,07	0,00
8	39,38928	5,56323	-0,00016	-0,01	0,06





Trn č.:	Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
1	39,38816	5,56334	0,00000	0,00	0,00
2	39,38814	5,56344	-0,00003	0,00	0,10
3	39,38944	5,56317	0,00128	0,11	-0,16
GRT44	39,38840	5,56325	0,00023	0,02	-0,09



Přílohy k testu č.7 – Porovnání závazných sad

sada 1		Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
	s nazazováním hranolu	39,38844	5,59761	-0,00114	-0,10	0,18
		39,38886	5,59765	-0,00073	-0,06	0,22
		39,38887	5,59766	-0,00071	-0,06	0,23
		39,38892	5,59766	-0,00066	-0,06	0,22
		39,38868	5,59763	-0,00090	-0,08	0,20
	bez nasazování	39,38863	5,59763	-0,00095	-0,08	0,20
		39,38865	5,59763	-0,00094	-0,08	0,20
		39,38864	5,59763	-0,00094	-0,08	0,20
		39,38866	5,59763	-0,00092	-0,08	0,20
39,38873		5,59763	-0,00085	-0,07	0,20	
				průměr:	-0,08	0,20

sada 2		Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]	
	s nazazováním hranolu	39,38889	5,59746	-0,00069	-0,06	0,03	
		39,38883	5,59747	-0,00075	-0,07	0,04	
		39,38889	5,59747	-0,00070	-0,06	0,04	
		39,38871	5,59748	-0,00087	-0,08	0,05	
		39,38988	5,59752	0,00030	0,03	0,09	
	bez nasazování	39,38977	5,59752	0,00019	0,02	0,09	
		39,38986	5,59752	0,00028	0,02	0,09	
		39,38977	5,59752	0,00019	0,02	0,09	
		39,38987	5,59752	0,00029	0,03	0,09	
		39,38983	5,59752	0,00025	0,02	0,09	
					průměr:	0,02	0,09

sada 3		Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
	s nazazováním hranolu	39,38757	5,59733	-0,00202	-0,18	-0,11
		39,38751	5,59729	-0,00207	-0,18	-0,14
		39,38780	5,59730	-0,00178	-0,16	-0,13
		39,38718	5,59726	-0,00240	-0,21	-0,18
		39,38882	5,59732	-0,00077	-0,07	-0,11
	bez nasazování	39,38889	5,59732	-0,00069	-0,06	-0,11
		39,38891	5,59732	-0,00067	-0,06	-0,11
		39,38885	5,59732	-0,00073	-0,06	-0,11
		39,38891	5,59732	-0,00067	-0,06	-0,11
		39,38885	5,59732	-0,00073	-0,06	-0,11
					průměr:	-0,06

sada 4		Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
	s nazazováním hranolu	39,38894	5,59748	-0,00064	-0,06	0,05
		39,38903	5,59746	-0,00055	-0,05	0,02
		39,38862	5,59749	-0,00096	-0,08	0,06
		39,38870	5,59748	-0,00088	-0,08	0,05
		39,38869	5,59748	-0,00089	-0,08	0,05
	bez nasazování	39,38850	5,59747	-0,00108	-0,10	0,04
		39,38853	5,59747	-0,00105	-0,09	0,04
		39,38862	5,59747	-0,00096	-0,08	0,04
		39,38855	5,59747	-0,00104	-0,09	0,04
		39,38849	5,59747	-0,00109	-0,10	0,04
				průměr:	-0,09	0,04

sada 5		Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]	
	s nazazováním hranolu	39,38992	5,59750	0,00034	0,03	0,07	
		39,39000	5,59744	0,00042	0,04	0,00	
		39,38968	5,59745	0,00010	0,01	0,02	
		39,38960	5,59743	0,00002	0,00	-0,01	
		39,38959	5,59743	0,00001	0,00	0,00	
	bez nasazování	39,38958	5,59743	0,00000	0,00	0,00	
		39,38956	5,59743	-0,00002	0,00	0,00	
		39,38957	5,59743	-0,00001	0,00	0,00	
		39,38958	5,59743	0,00000	0,00	0,00	
		39,38961	5,59743	0,00003	0,00	0,00	
					průměr:	0,00	0,00

sada 6		Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]	
	s nazazováním hranolu	39,38837	5,59773	-0,00121	-0,11	0,30	
		39,38859	5,59769	-0,00099	-0,09	0,25	
		39,38926	5,59765	-0,00032	-0,03	0,22	
		39,38884	5,59767	-0,00074	-0,07	0,24	
		39,38908	5,59760	-0,00050	-0,04	0,17	
	bez nasazování	39,38908	5,59760	-0,00050	-0,04	0,17	
		39,38904	5,59760	-0,00054	-0,05	0,17	
		39,38913	5,59760	-0,00045	-0,04	0,17	
		39,38914	5,59760	-0,00044	-0,04	0,17	
		39,38912	5,59760	-0,00046	-0,04	0,17	
					průměr:	-0,04	0,17

sada 7		Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
	s nazazováním hranolu	39,38779	5,59959	-0,00179	-0,16	2,16
		39,38701	5,59958	-0,00257	-0,23	2,15
		39,38751	5,59957	-0,00207	-0,18	2,14
		39,38861	5,59958	-0,00097	-0,09	2,15
		39,38483	5,59859	-0,00475	-0,42	1,16
	bez nasazování	39,38486	5,59859	-0,00472	-0,42	1,16
		39,38482	5,59859	-0,00476	-0,42	1,16
		39,38482	5,59859	-0,00476	-0,42	1,16
		39,38491	5,59859	-0,00467	-0,41	1,16
		39,38478	5,59859	-0,00480	-0,42	1,16
				průměr:	-0,42	1,16

sada 8		Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]	
	s nazazováním hranolu	39,39386	5,59738	0,00428	0,38	-0,05	
		39,39403	5,59829	0,00445	0,39	0,85	
		39,39368	5,59825	0,00410	0,36	0,82	
		39,38996	5,59725	0,00038	0,03	-0,18	
		39,39395	5,59577	0,00436	0,38	-1,66	
	bez nasazování	39,39379	5,59577	0,00421	0,37	-1,66	
		39,39376	5,59577	0,00418	0,37	-1,66	
		39,39374	5,59577	0,00415	0,37	-1,66	
		39,39371	5,59577	0,00413	0,36	-1,66	
		39,39377	5,59577	0,00419	0,37	-1,66	
					průměr:	0,37	-1,66

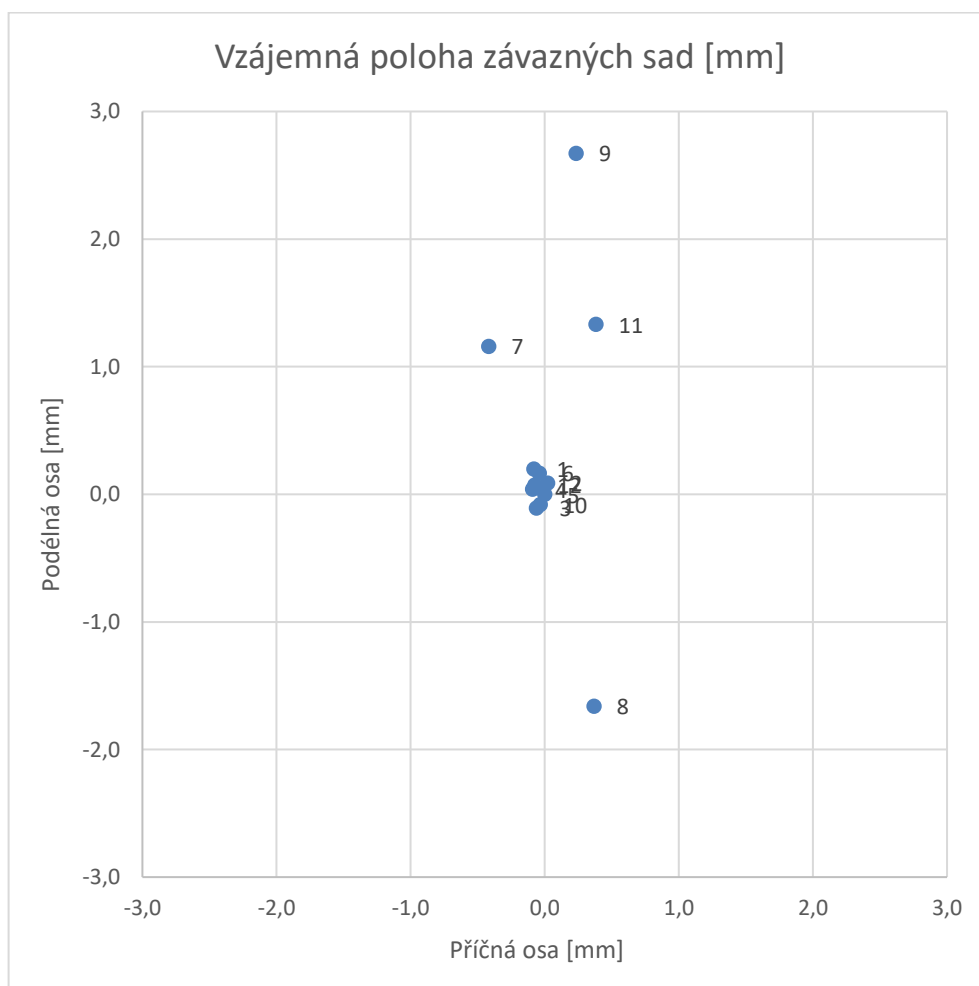
sada 9		Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
	s nazazováním hranolu	39,39058	5,60097	0,00100	0,09	3,53
		39,38945	5,60020	-0,00013	-0,01	2,77
		39,39053	5,60018	0,00095	0,08	2,75
		39,39139	5,60020	0,00181	0,16	2,77
		39,39213	5,60011	0,00255	0,22	2,67
	bez nasazování	39,39225	5,60011	0,00267	0,24	2,67
		39,39230	5,60010	0,00272	0,24	2,67
		39,39221	5,60010	0,00263	0,23	2,67
		39,39223	5,60011	0,00264	0,23	2,67
		39,39224	5,60010	0,00266	0,23	2,67
			průměr:	0,23	2,67	

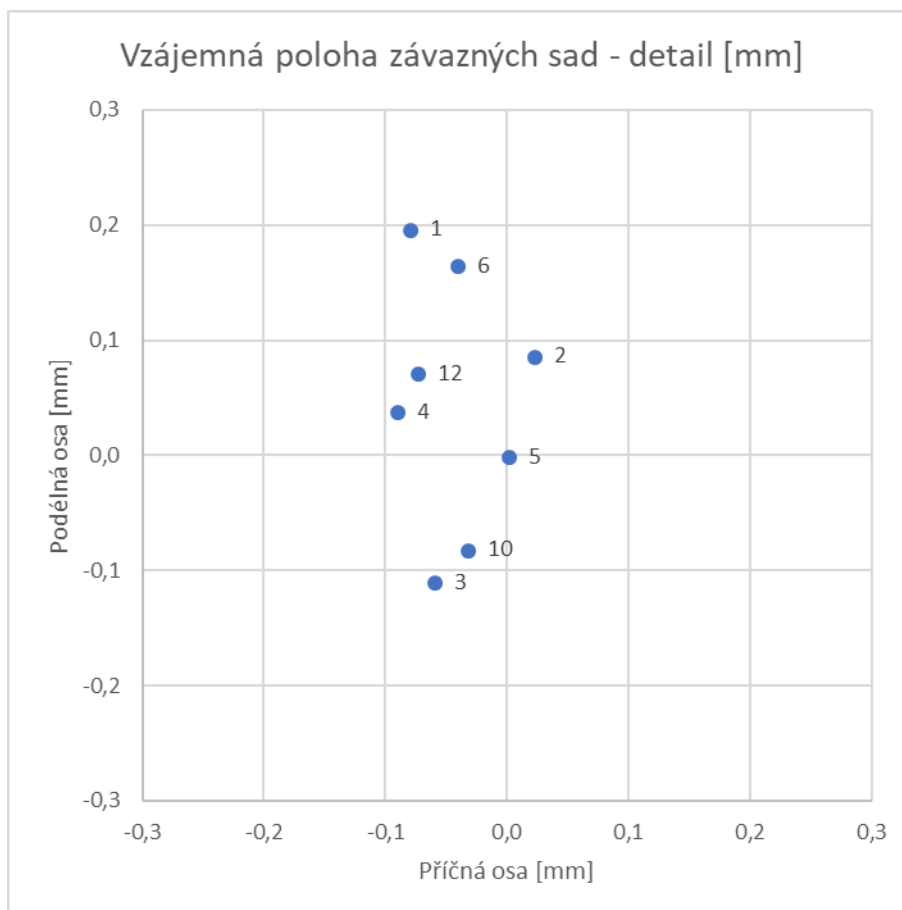
sada 10		Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]	
	s nazazováním hranolu	39,39033	5,59740	0,00075	0,07	-0,03	
		39,38928	5,59732	-0,00030	-0,03	-0,11	
		39,38931	5,59735	-0,00027	-0,02	-0,08	
		39,38937	5,59735	-0,00021	-0,02	-0,09	
		39,38914	5,59735	-0,00044	-0,04	-0,08	
	bez nasazování	39,38919	5,59735	-0,00039	-0,03	-0,08	
		39,38922	5,59735	-0,00036	-0,03	-0,08	
		39,38918	5,59735	-0,00040	-0,04	-0,08	
		39,38919	5,59735	-0,00039	-0,03	-0,08	
		39,38920	5,59735	-0,00038	-0,03	-0,08	
					průměr:	-0,03	-0,08

sada 11		Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
	s nazazováním hranolu	39,39198	5,59893	0,00240	0,21	1,49
		39,39186	5,59892	0,00228	0,20	1,48
		39,39231	5,59886	0,00273	0,24	1,43
		39,39253	5,59886	0,00295	0,26	1,42
		39,39242	5,59884	0,00284	0,25	1,40
	bez nasazování	39,39395	5,59876	0,00437	0,38	1,33
		39,39392	5,59876	0,00434	0,38	1,33
		39,39393	5,59876	0,00435	0,38	1,33
		39,39391	5,59876	0,00433	0,38	1,33
		39,39394	5,59876	0,00436	0,38	1,33
	průměr:				0,38	1,33

sada 12		Hz	vodorovná d.	Hz red	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]	
	s nazazováním hranolu	39,38863	5,59750	-0,00095	-0,08	0,07	
		39,38876	5,59749	-0,00082	-0,07	0,06	
		39,38877	5,59752	-0,00082	-0,07	0,09	
		39,38876	5,59751	-0,00082	-0,07	0,08	
		39,38878	5,59751	-0,00080	-0,07	0,08	
	bez nasazování	39,38873	5,59750	-0,00085	-0,08	0,07	
		39,38872	5,59750	-0,00086	-0,08	0,07	
		39,38872	5,59750	-0,00086	-0,08	0,07	
		39,38871	5,59750	-0,00087	-0,08	0,07	
		39,38873	5,59750	-0,00085	-0,07	0,07	
					průměr:	-0,07	0,07

Vzájemná poloha závazných sad						
sada	trojnožka	centrovač	trn	hranol	Příčná složka [mm]	Podélná složka [mm]
1	1	1	1	1	-0,08	0,20
2	2	1	1	1	0,02	0,09
3	3	1	1	1	-0,06	-0,11
4	4	1	1	1	-0,09	0,04
5	5	1	1	1	0,00	0,00
6	6	2	2	4	-0,04	0,17
7	7	2	2	4	-0,42	1,16
8	8	3	3	3	0,37	-1,66
9	9	3	3	3	0,23	2,67
10	10	3	3	3	-0,03	-0,08
11	11	3	3	3	0,38	1,33
12	12	GRT44		2	-0,07	0,07





sada	bez nasazování		s nasazováním	
	výb. s. o. příč. sl. [mm]	výb. s. o. pod. sl. [mm]	výb. s. o. příč. sl. [mm]	výb. s. o. pod. sl. [mm]
1	0,00	0,00	0,02	0,02
2	0,00	0,00	0,04	0,02
3	0,00	0,00	0,05	0,03
4	0,00	0,00	0,02	0,01
5	0,00	0,00	0,02	0,03
6	0,00	0,00	0,03	0,05
7	0,00	0,00	0,12	0,44
8	0,00	0,00	0,15	1,02
9	0,00	0,00	0,09	0,36
10	0,00	0,00	0,04	0,03
11	0,00	0,00	0,03	0,04
12	0,00	0,00	0,01	0,01

Přílohy k testu č.8 – Porovnání závazných sad

Deska č.1:

Určení obecné rovnice roviny			
vektor 1	0,429994	0,002931	-0,00221
vektor 2	0	0	1
normála	0,002931	-0,42999	0
členy obecné rovnice roviny			
a	b	c	d
0,002931	-0,429994	0	0

Pozice č.	X	Y	Z	Odlehlost od roviny [mm]
1	-0,21508	-0,00155	0,00814	0,08
2	0,00000	0,00000	0,00000	0,00
3	0,21492	0,00138	0,00593	0,08
4	-0,22444	-0,00240	0,20506	0,87
5	0,00782	-0,00379	0,21502	3,84
6	0,22131	-0,00315	0,22476	4,66
7	-0,22303	-0,00916	0,41522	7,64
8	-0,00797	-0,01229	0,43082	12,23
9	0,21397	-0,00788	0,42344	9,34

Deska č.2:

Určení obecné rovnice roviny			
vektor 1	-0,00368	0,445513	0,001884
vektor 2	0	0	1
normála	0,445513	0,003679	0
členy obecné rovnice roviny			
a	b	c	d
0,445513	0,003679	0	0

Pozice č.	X	Y	Z	Odlehlost od roviny [mm]
1	0,00148	-0,22720	-0,00260	-0,39
2	0,00000	0,00000	0,00000	0,00
3	-0,00219	0,21831	-0,00072	-0,39
4	0,00485	-0,22249	0,22541	3,01
5	0,00859	0,00930	0,19523	8,66
6	-0,00205	0,22068	0,20629	-0,22
7	0,00641	-0,22576	0,42441	4,54
8	-0,00084	-0,00812	0,43258	-0,90
9	-0,00308	0,21678	0,42629	-1,29

Přílohy k testu č.9 – Opakovaná horizontace

	Y [m]	X [m]
	3,22711	4,53227
	3,22703	4,53250
	3,22704	4,53252
	3,22709	4,53232
	3,22709	4,53232
	3,22708	4,53232
	3,22709	4,53233
	3,22710	4,53233
	3,22709	4,53233
	3,22706	4,53233
	3,22708	4,53231
	3,22708	4,53231
	3,22707	4,53232
	3,22708	4,53232
	3,22708	4,53232
výb. sm. o. [mm]	0,02	0,07
max [m]	3,22711	4,53252
min [m]	3,22703	4,53227
rozdíl [mm]	0,08	0,25